



**HAL**  
open science

# TeCTIC - Mesurer la préférence du choix du mode de transport lié à l'usage des TIC pendant le temps de déplacement

Nathan Bounie

## ► To cite this version:

Nathan Bounie. TeCTIC - Mesurer la préférence du choix du mode de transport lié à l'usage des TIC pendant le temps de déplacement. [Rapport de recherche] IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. 2018, 90p. hal-02122477

**HAL Id: hal-02122477**

**<https://hal.science/hal-02122477v1>**

Submitted on 16 May 2019

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

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

**OST 2 - Innovations par les TIC et changements de comportements**

-

**Projet 2 - Changements de mobilité des personnes, comprendre les comportements et définir les aménagements et les services**

**TeCTIC - Mesurer la préférence du choix du mode de transport lié à l'usage des TIC pendant le temps de déplacement**

**Nathan BOUNIE**

[nathan.bounie@ifsttar.fr](mailto:nathan.bounie@ifsttar.fr)

- Rapport** Bounie N. (2018). TeCTIC - Mesurer la préférence du choix du mode de transport lié à l'usage des TIC pendant le temps de déplacement, IFSTTAR, 90 p.
- Article** Bounie N., Adoue F., Koning M. et L'Hostis A. (2018). Valuing Connectivity to ICTs in Public Transport: Empirical Evidence from Paris, 35 p. (work in progress, ne pas diffuser)
- Conférence** Bounie N., Adoue F., Koning M. et L'Hostis A. (2018). Quelle est la valeur de la connectivité aux TIC dans les transports publics ? Étude exploratoire en Île-de-France, 1ères Rencontres Francophones Transport Mobilité, Lyon
- Matériaux** Dossier de réponse à l'AAP DIME Quanti automne 2017 (ELIPSS)  
Base de données originale « LILLE VDA 2018 »

## Table des matières

1 Etat de l'art .....	4
1.1 Un questionnement à la croisée des évolutions sociétales et des enjeux politiques .....	4
1.2 Usage du temps de transport dans les TC .....	4
1.3 L'usage des TIC dans les TC .....	5
1.4 L'organisation de la recherche .....	6
2 Le consentement à voyager plus longtemps pour une meilleure connectivité .....	9
2.1 Introduction .....	10
2.2 Modeling framework .....	12
2.2.1 The utility effects of connectivity to ICTs .....	12
2.2.2 Valuation of connectivity to ICTs .....	14
2.2.3 Clarifications .....	15
2.3 Data .....	16
2.3.1 Sample characteristics .....	16
2.3.2 Connectivity to ICTs and TBMT .....	18
2.3.3 A typology of travelers .....	20
2.3.4 Valuation procedure .....	22
2.4 Empirical analysis .....	24
2.4.1 Econometric strategy .....	24
2.4.2 Results .....	25
2.4.3 Time multipliers .....	29
2.5 Discussions .....	31
2.5.1 Comparison with other valuation parameters .....	31
2.5.2 Socioeconomic appraisal .....	32
2.5.3 Caveats and further research .....	33
3 L'importance de l'usage de son <i>smartphone</i> dans son choix modal .....	35
3.1 La modélisation .....	35
3.1.1 Le modèle <i>logit</i> multinomial .....	35
3.1.2 Le modèle hybride à variables latentes .....	36
3.2 Les données empiriques .....	37
3.2.1 Le design de l'enquête .....	38
3.2.2 L'enquête .....	58
3.3 Le traitement économétrique .....	60
3.1 Le modèle <i>logit</i> multinomial simple .....	61
3.2. Le modèle <i>logit</i> multinomial mixte .....	62
4 Conclusion .....	63
5 Références .....	65
6 Annexes .....	70

# 1 Etat de l'art

## 1.1 Un questionnement à la croisée des évolutions sociétales et des enjeux politiques

L'analyse de la société actuelle en tant que modernité liquide proposée par Bauman (2000), met en avant les grandes tendances à l'individualisme, à la fluidité des modes de vie, à l'accélération du rythme de l'existence, et enfin à l'usage des technologies de l'information et de la communication (TIC), en lien avec l'importance croissante de la notion de réseau social. L'idée d'une profonde transformation sociétale opérée par les TIC trouve dans ce cadre une place et une relation aux autres grandes dynamiques de la société.

Par ailleurs, la mobilité est une thématique essentielle de la compréhension des phénomènes sociaux et des trajectoires individuelles ; au point que pour certains, l'étude de la mobilité pourrait faire office de sociologie (Urry, 2007). Quel que soit le positionnement par rapport à cette thèse, on observe un large consensus quant à l'importance des mobilités dans nos sociétés, dont la mobilité dite physique est une composante essentielle. Or, ces mobilités physiques constituent un enjeu majeur de durabilité comme l'atteste, entre autres, la non décroissance de la contribution des transports aux émissions de gaz à effet de serre. Dans les politiques urbaines on observe une orientation explicite en faveur de la réduction de l'usage de la voiture, orientation notamment inscrite dans les principes des plans de déplacement urbain (Harman, L'Hostis et Menerault, 2007).

La recherche que nous souhaitons mener vise à mieux comprendre les transformations que les TIC opèrent sur la mobilité. En particulier dans un contexte où de nombreuses politiques publiques, notamment urbaines, visent à promouvoir les alternatives à l'usage soliste de l'automobile, nous cherchons à identifier les modes de transport pouvant bénéficier d'un regain d'attractivité aux yeux des individus sous l'effet de l'usage des TIC en mobilité.

Ainsi, nous nous interrogeons ici sur les facteurs qui, dans les évolutions sociétales actuelles saisies par la thèse de la modernité liquide (Bauman, 2000) en particulier l'usage des TIC, peuvent concourir à modifier l'expérience des transports, dans un sens favorable aux transports en commun (TC) plutôt qu'à la voiture personnelle (VP). Autant la VP a connu un essor lié à l'individualisme dans la période précédente, autant l'idée d'un « *peak car* » (Goodwin, 2012 ; Goodwin et Van Dender, 2013 ; Metz, 2013), ou d'un plafonnement de l'usage de la voiture sous sa forme actuelle, remet en cause ce paradigme.

## 1.2 Usage du temps de transport dans les TC

L'utilisation des TC est étroitement liée à l'utilité qu'ils procurent aux individus qui les consomment. Cette utilité peut s'appréhender à travers la notion de qualité du service de transport en commun (QSTC) qui dépend autant d'attributs quantitatifs (temps de transport, coût monétaire, fiabilité, etc.) que d'attributs qualitatifs affectant l'attitude des voyageurs (sécurité, confort, usage du temps de transport, etc.) (Cascetta et Carteni, 2014).

Parmi les attributs qualitatifs, se trouve l'usage du temps associé à l'activité de déplacement qui, comme le rappelle Urry (2007), est classiquement associé à une vision d'un temps improductif, exclusif et perdu, et donc un temps à réduire. De nombreux travaux relativisent ces postulats en montrant que le temps de transport peut être valorisé (Meissonnier, 2001 ; Kaufmann, 2002 ; Lanéelle, 2003 ; Flamm, 2004 ; Urry, 2007 ; Jain et Lyons, 2008 ; Adoue, 2016). Parce qu'ils permettent aux voyageurs de « *freed their hands from the steering wheel* » (Urry, 2007) les TC permettent de déployer des activités pendant le temps de transport (*transport-based multitasking*, TBMT) et donc de « remplir » la réserve de temps que cette dernière constitue, participant ainsi à augmenter l'utilité qui leur est associée (Ettema et Verschuren, 2008 ; Malokin, Circella et Mokhtarian, 2015). Certains travaux empiriques récents vont même jusqu'à proposer de prendre en compte différentes valeurs tutélaires du temps de déplacement (*VOTTS*) dans les analyses coûts-avantages des infrastructures de transport, selon que ce temps de déplacement soit associé à d'autres activités ou non (Adjenughwure, 2017 ; Banerjee et Kanafani, 2008 ; Varghese et Jana, 2018).

Table 1.1 – Valeurs du temps en fonction du niveau de TBMT (€/hr)

Trajet	Lecture	Travail	Loisirs
<b>VOTTS sans activité préférée</b>	16 €	18 €	14,8 €
<b>VOTTS avec activité préférée</b>	11,2 €	12,7 €	10,1 €
<b>Valeur de l'activité préférée</b>	4,8 €	5,3 €	4,7 €

Source : d'après Adjenughwure (2017)

### 1.3 L'usage des TIC dans les TC

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) – qui peuvent se définir comme « *l'ensemble des technologies et services électroniques utilisés pour traiter, stocker et diffuser de l'information, afin de faciliter l'exécution d'activités humaines liées à l'information, fournis par et se mettant au service des secteurs institutionnel et privé, comme du grand public* » (Adoue, 2016) – peuvent « équiper la mobilité » et ainsi améliorer le ressenti du temps de transport dans les TC. En effet, en quelques années les activités numériques se sont largement invitées dans l'espace-temps de déplacement (Keseru et Macharis, 2017). Ces activités ne sont, le plus souvent, pas des activités spécifiquement déployées à cette occasion, mais des activités également déployées à d'autres moments de la journée.

Aujourd'hui, le *smartphone* – instrument des TIC qui regroupe à la fois les propriétés du téléphone portable et de l'ordinateur (Adoue, 2016) – est considéré comme l'un des principaux vecteurs de déploiement d'un nombre important d'activités relatives à la communication, à la navigation, à l'information, et au divertissement pendant le temps de déplacement associé aux TC (Julsrud et Denstadli, 2017). Cependant, les différentes activités offertes par le *smartphone* peuvent diminuer l'utilité associée aux TC, par les nuisances qu'elles peuvent générer, en augmentant par exemple le risque d'interactions non souhaitées et en diminuant les possibilités d'anti-activité (par exemple ne rien faire ou dormir) pour un individu et pour ses voisins (Julsrud et Denstadli, 2017) qui peuvent être réalisées pendant les temps de transport.

Ces éléments sont mis en évidence par l'étude empirique menée par Ettema et Verschuren (2008) qui montre que les TIC – et notamment les *smartphones* – comme support du TBMT ne se traduisent pas

nécessairement sur la satisfaction que retirent les voyageurs de leurs moyens de transport. A l'inverse, dans le travail de Frei, Mahmassani et Frei (2015), le TBMT supporté par les TIC – indépendamment de leur support – joue sur la satisfaction subjective des voyageurs pour leur mode de transport.

Concernant l'impact du TBMT supporté par les TIC sur les choix modaux, les résultats des différentes études sont une fois encore relativement partagés. D'abord, le travail d'Adoue (2016) montre le rôle joué par les *smartphones* sur le déploiement d'activités, mais également la non significativité de leur rôle en faveur d'une plus grande utilité du temps de déplacement et donc d'une préférence pour les TC. Pour leur part Malokin, Circella et Mokhtarian (2017) identifient un impact, néanmoins relativement faible, des ordinateurs et des tablettes sur la préférence des voyageurs pour les TC dans le cadre de leurs voyages professionnels. De plus, cette étude met en évidence que les milléniales, qui se caractérisent par un usage plus intensif des TIC, attachent plus d'importance aux possibilités de TBMT dans leurs choix modaux que les non- milléniales. Enfin, Julsrud et Denstadli (2017) mettent en évidence la manière dont l'usage des *smartphones* peut modifier, ou du moins refléter, l'attitude des voyageurs vis-à-vis des TC. En effet, les auteurs identifient trois groupes d'utilisateurs des *smartphones* qui sont caractérisés par une attitude différenciées à l'égard des TC :

- Les utilisateurs actifs (32%) – qui sont caractérisés par une utilisation de l'ensemble du potentiel offert par leurs appareils (communication, navigation, coordination, information et divertissement) – sont les plus critiques vis-à-vis de la QSTC (seuls 11% considèrent qu'il n'existe aucune barrière à l'usage des TC) ;
- Les utilisateurs passifs (44%) – qui sont caractérisés par une utilisation moyenne des usages offerts par leur *smartphone*, et principalement orientée vers la communication et l'information – sont 15% à penser qu'il n'existe aucune barrière à l'usage des TC ;
- Les sous-utilisateurs (24%) – qui n'utilisent presque pas leur *smartphone*, et uniquement pour un usage de communication – ont l'attitude la plus positive vis-à-vis de la QSTC, 29% considèrent qu'il n'existe aucune barrière à l'usage des TC.

A la suite de ces différents éléments, nous formulons l'hypothèse que dans les évolutions sociétales actuelles, **certains supports des TIC, particulièrement les *smartphones*, peuvent concourir à modifier l'expérience des transports dans un sens favorable aux TC plutôt qu'à la VP.**

#### 1.4 L'organisation de la recherche

L'objectif de cette étude est de participer à une meilleure connaissance de la QSTC à travers une analyse quantitative de l'un de ses attributs qualitatifs : l'usage du temps de déplacement. A la suite des différents travaux exploratoires introduits précédemment, nous cherchons à modéliser l'impact d'une variable explicative, l'usage des TIC – en particulier l'usage des *smartphones* – sur une variable dépendante, l'utilité associée aux TC, à travers la possibilité de déploiement de diverses activités secondaires pendant l'activité principale de déplacement (TBMT) afin de valider ou d'invalider notre hypothèse.

Dans une démarche de modélisation des choix de transport, le recueil de données est une étape indispensable (Faivre D'Arcier, 1998). Pour ce faire, deux grandes familles d'enquêtes cohabitent : des méthodes visant à recueillir des préférences « révélées » à partir de l'observation et de l'analyse des choix réellement effectués par des individus sur des marchés substituables, ou des méthodes visant à

recueillir des préférences « déclarées » à partir de l'interrogation directe d'intentions d'actes d'individus confrontés à des situations hypothétiques. L'absence de marchés de transport substituables parfaitement homogènes sur l'ensemble de leurs attributs hormis sur la possibilité qu'ils offrent aux individus de se servir de leurs *smartphones* nous encourage à mobiliser, dans ce travail, des méthodes relevant des enquêtes de préférences déclarées (EPD). Parmi ces méthodes, il est possible d'en identifier deux principales (cf. Figure 1.1).

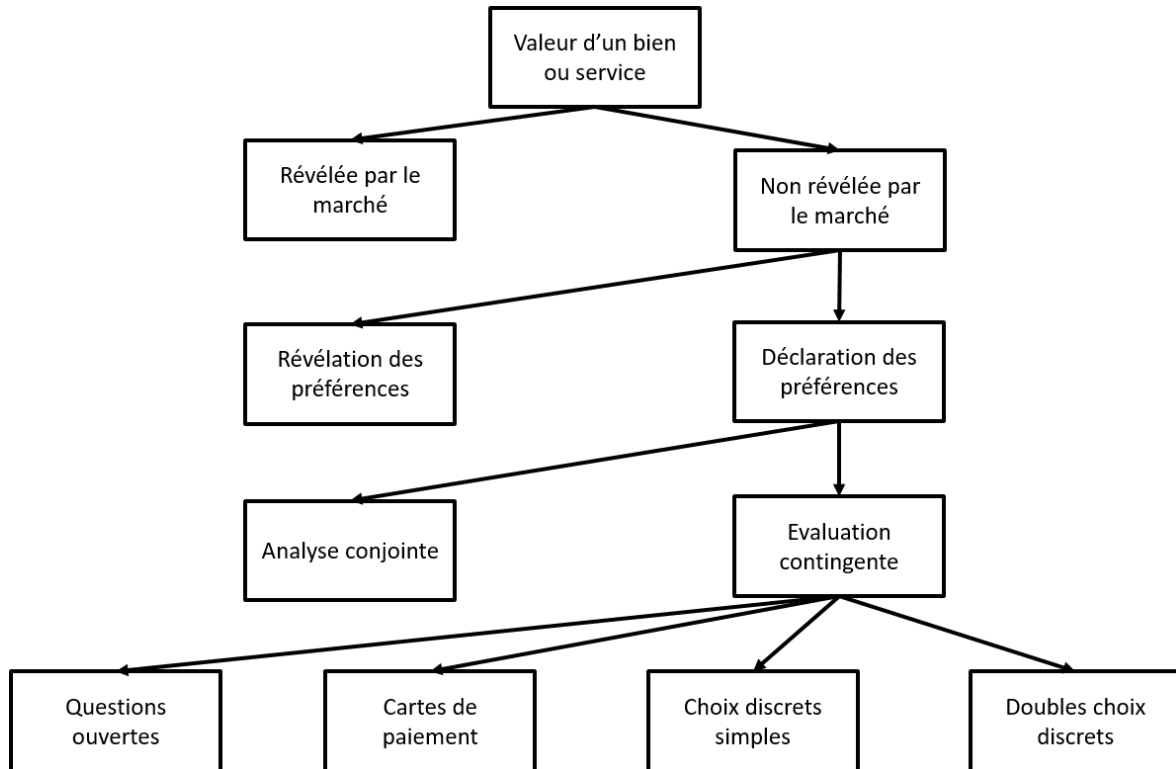
D'abord, des méthodes d'évaluation contingente (MEC) qui visent à interroger directement les individus sur leur consentement à payer (CAP) ou leur consentement à recevoir (CAR) pour l'amélioration ou la détérioration de leur situation, et qui peuvent mobiliser cinq différents instruments (Haab et McConnell, 2002 ; Terra, 2004) :

- Les questions ouvertes (*open-ended*) qui visent à questionner de manière ouverte des individus sur leur consentement pour une situation d'offre déterminée.
- Les cartes de paiement (*payment cards*) qui consistent à questionner des individus sur leur consentement à partir d'une liste de montants pré-spécifiés.
- Les questions fermées simples, ou choix dichotomiques simples (*dichotomous choices*), qui visent à interroger des individus sur leur acceptation ou leur refus d'un montant pré-spécifié (mais différencié et aléatoirement distribué au sein de différents sous-groupes) pour une situation d'offre donnée.
- Les doubles questions fermées, ou double choix dichotomiques (*double-bounded dichotomous choices*), qui constituent une variante des questions fermées simples par la proposition aux mêmes individus d'un deuxième montant, inférieur ou supérieur, selon leur acceptation ou refus du premier montant proposé.
- Les jeux d'enchères (*bidding games*) qui consistent à proposer un premier montant pré-spécifié à un groupe d'individus (pouvant ou non être différencié au sein de différents sous-groupes) puis à proposer une itération de montants ascendants ou descendants jusqu'au premier refus des répondants.

Ensuite, il est possible de mobiliser des méthodes dites d'analyse conjointe qui consistent en la réalisation de protocoles d'arbitrages entre un ensemble d'alternatives pré-spécifiées en termes de modalités d'attributs (Le Gall-Ely et Loïg, 2006). Les résultats des analyses conjointes étant très sensibles aux modalités des attributs constituant les différentes alternatives (Pons, 2011), il est nécessaire de connaître au préalable de l'administration d'une enquête les habitudes de transport des individus enquêtés.



Figure 1.1 – Les différentes méthodes d'identification des préférences individuelles



Source : réalisation de l'auteur

Afin d'analyser cette QSTC au regard de notre hypothèse, nous nous interrogerons dans un premier temps sur la valeur qu'accordent les voyageurs aux possibilités d'usage de leur *smartphone* pendant le temps de déplacement *via* une méthode relevant de l'évaluation contingente, cherchant à déterminer un « consentement à voyager plus longtemps » (CVL) des voyageurs pour un meilleur accès à leur *smartphone* dans les TC, ainsi que ses principaux déterminants (Partie 2). Cette partie reposera essentiellement sur l'analyse économétrique des résultats d'une enquête réalisée en 2015 dans le contexte francilien par Adoue (2016).

Dans un deuxième temps, nous enrichirons ce travail d'une méthode relevant de l'analyse conjointe visant à déterminer l'importance que les voyageurs attachent à la possibilité d'utiliser leur *smartphone* pendant leur temps de déplacement dans leurs choix modaux (Partie 3). Cette deuxième partie reposera essentiellement sur l'analyse économétrique des résultats d'une enquête menée entre mai 2018 et juillet 2018 dans le contexte lillois.

## 2 Le consentement à voyager plus longtemps pour une meilleure connectivité

### **Valuing Connectivity to ICTs in Public Transport: Empirical Evidence from Paris<sup>1</sup>**

*13/08/18 – Work in progress (please, do not diffuse)*

Nathan Bounie (East Paris University – IFSTTAR/AME/LVMT)

François Adoue (6t Conseils)

Martin Koning (East Paris University – IFSTTAR/AME/SPLOTT)

Alain L'Hostis (East Paris University – IFSTTAR/AME/LVMT)

#### **Abstract:**

As opposed to personal vehicles' drivers, public transport (PT) users may perform secondary tasks during their main travel activity, thus softening the corresponding utility cost. Moreover, Information and Communication Technologies (ICTs) could interact positively with "multi-tasking" possibilities by allowing individuals consuming their travel time in more diversified conditions.

This article attempts to value the connectivity to ICTs in PT, based on stated preferences of 501 PT users living in the Paris region. Surveyed individuals were confronted to hypothetical trade-offs between travel time reductions and improvements in the connectivity to ICTs.

Econometric analyses show that valuations for an improved connectivity are larger when individuals realize various tasks with connected devices during their trips, and lower when they face many connectivity troubles in the reference situation. Whereas individual heterogeneity has a modest direct impact, we propose a typology of PT users that captures variations in connectivity valuations.

On the average, the subjective value of the travel time should be reduced by 16% in the case Paris PT users would enjoy an optimal connectivity to ICTs. Alternative time multipliers are proposed and some policy implications are discussed.

**Keywords:** Connectivity to ICTs; travel-based multi-tasking; public transport; stated preferences; time multipliers.

---

<sup>1</sup> Authors acknowledge Guillaume Monchambert and François Combes for comments on previous versions of this draft. This research also benefited from useful suggestions made by participants of "Rencontres Francophones Transports et Mobilité" (Vaulx-en-Velin, France, Juin 2018). Nathan Bounie and Alain L'Hostis received financial support from the French Government, from the Hauts-de-France region and from the European Regional Development Fund (ERDF) as part of the "ELSAT 2020" research contract.

## 2.1 Introduction

For economists, transport choices are linked to the utility flows steaming from the different options available to individuals, a function of both objective (time, money) and subjective (comfort, reliability, safety) travel characteristics (Ortuzar and Willumsen, 2001; Cascetta and Carteni, 2014). As opposed to private vehicles' drivers, it is worth noting that public transport (PT) users may perform additional (secondary) tasks during their main (primary) travel activity (Urry, 2007 ; Lyons, Jain et Holley, 2007 ; Keseru et al., 2015), thus reducing the corresponding utility cost. Following this intuition, a growing body of research (see the extensive reviews by Clayton and Jain (2015) and by Keseru and Macharis (2017); and case studies by Berliner et al. (2015); Circella et al. (2012); Ettema and Verschuren (2008) among others) has focused on the interplays between travel choices, individuals' satisfaction and the so-called concept of "travel-based multi-tasking" (TBMT)<sup>2</sup>, with a strong interest on modal shift potentialities towards PT (Frei, Mahmassani et Frei, 2015 ; Malokin, Circella et Mokhtarian, 2015). Moreover, this strand of literature has been recently magnified with the permanent development of Information and Communication Technologies (ICTs) that may help individuals "consuming" their travel time in more pleasant and/or productive conditions (Banerjee and Kanafani, 2008 ; Pawlak et al., 2015 ; Adoue, 2016 ; Wardman and Lyons, 2016 ; Julsrud and Denstadli, 2017 ; Malokin et al., 2017)<sup>3</sup>.

To fix ideas, consider one PT user who buys a new smart phone. Even if her travel time remains costly, the in-vehicle activities made possible thanks to this connected device – send emails to colleagues, browse information web-sites, purchase foods or clothes in e-stores, play on-line... – may improve the ridding experience as compared to her previous condition of "low-connected" traveler. This simple example thus highlights the potential utility effects of ICTs and TBMT options that depend on (at least) two moderating factors. First, the degree of connectivity to internet and/or phone networks is critical, especially in the case of underground PT where service breakdowns are likely to occur more often as compared to outdoor modes (e.g. buses or tramways). Second, idiosyncratic characteristics of travelers may also be influential: The more or less pronounced taste of individuals for ICTs, as well as their varying ability to use smart phones and tabs, could strongly impact the utility effects of any intervention aimed at up-grading the quality of connectivity to ICTs in PT, hence the possibilities of TBMT.

This article attempts to value connectivity to ICTs in PT, from the travelers' perspective and in relation with TBMT. For that purpose, we rely on the contingent valuation methodology and we exploit original survey data collected late 2015 over 500 PT users living in the Paris region. Surveyed individuals were confronted to hypothetical trade-offs between varying travel time reductions and improvements in

---

<sup>2</sup> Following (Kenyon et Lyons, 2007), we define "travel-based multi-tasking" (TBMT) as performing secondary activities during the travel activity, that it be active (e.g. car driver) or passive (e.g. train passenger). In our approach, TBMT refers to the possibility of performing activities other than the travel activity while traveling ("simultaneous-tasking"), and also to the analysis of the multiplication of activities during the travel time ("task-switching") (Circella, Mokhtarian et Poff, 2012).

<sup>3</sup> For other studies, ICTs in PT can cause feelings of isolation and thus reduce the satisfaction resulting from their usage (Kraut et al., 1998 ; Turkle, 2012 ; Epley, Schroeder et Waytz, 2013).

the connectivity to ICTs, allowing us to propose an indirect assessment of the latter characteristic. Our contributions to the literature are twofold.

Whereas “stated preferences” (and to a least extent “revealed preferences”) have been analyzed in various contexts and places to value many dimensions of PT convenience – in-vehicle or on-platform crowding, reliability, vehicles interior design, travel information... (see the extensive review by OECD ITF (2014)) –, studies focused on the connectivity to ICTs and on the potentials for TBMT remain scarce to date. Valuable exceptions are (Ettema et Verschuren, 2008), (Malokin, Circella et Mokhtarian, 2017), (Pawlak, Polak et Sivakumar, 2017) and (Varghese et Jana, 2018). These authors in fact show how the possibilities to perform ICTs-related activities during the travel time, particularly thanks to a good level of connectivity, increase the benefits of the TBMT and influence the utility cost of the mobility. By looking at urban PT used by commuters, this article adds empirical evidence on this emerging research topic and corroborates the importance of these factors to travelers. In particular, we find that the value put on connectivity improvements is heterogeneous regarding current ICTs usages during trips, as well as regarding the perceived quality of connectivity in PT.

Second, the Paris region case study is particularly interesting in its own right. With more than 3,200 km of (subway, regional rail and tramway) tracks, Parisian rail-based PT systems have received around 3,145M trips in 2015 (OMNIL, 2018). As a consequence, the network is one of the most heavily used in Europe (UITP, 2015). Focusing only on Paris subway, it can be estimated that around 947,000 hours were consumed in-vehicles at that date<sup>4</sup>. Since French official reports regularly point-out the low quality of connectivity to phone or internet networks in Parisian underground PT (ARCEP, 2015), we easily understand that assessing the hedonic value put by individuals on this travel dimension is of prime interest for both academic and operational purposes. Our results could thus be useful to policy makers willing to launch investments to improve the connectivity to ICTs in PT, as currently planned in the Paris region<sup>5</sup>.

The rest of this article proceeds as follows: Section 2.2 introduces the theoretical framework used to value connectivity to ICTs in PT in relation with TBMT. The survey data mobilized to test this model empirically are then described (Section 2.3). The econometric analyses (Section 2.4) are useful to identify the driving factors of valuations for an improved connectivity to ICTs in Paris PT but also to derive central estimates. Section 5 puts our main results in perspective and calls for further research.

---

<sup>4</sup> According to OMNIL (2018) Paris subway has received 7,721M passenger\*kilometers in 2015. Assuming that the 260 working days account for 81% of the yearly traffic and considering one average commercial speed of 25.4 km/h, we can estimate the total amount of time daily spent in subway.

<sup>5</sup> One of the two major Paris region PT operators (RATP) currently intends to deploy the 4G wireless technology over its railway network, with the help of the Paris region PT regulator. Initially planned for 2015, this investment program (for a total public spending of 400M euros) has faced major delays because of civil engineering problems but also due to the complexity of contractual agreements to be found with phone/internet service providers. According to the last announcements, the 4G technology should be deployed at the 2019 horizon. Whereas stated preferences have been analyzed to value trains’ punctuality, information availability or in-vehicle crowding (Kroes et al., 2006, 2013 ; Haywood et Koning, 2015 ; de Lapparent et Koning, 2016), we are not aware of any study that proposes such parameters for connectivity improvements, hence the relevancy of this research.

## 2.2 Modeling framework

### 2.2.1 The utility effects of connectivity to ICTs

For the sake of simplicity, we consider one representative PT mode and we neglect mode choice. We classically specify the utility function of the traveler  $i$  as:

$$U_i = \alpha + \beta m_i + \delta t_i + \rho X_i \quad (2.1)$$

where  $m_i$  represents the out-of pocket expenditures,  $t_i$  refers to the travel time spent in PT and  $X_i$  is a vector of individual/ trip characteristics that affect traveler  $i$ 's utility.

The parameter  $\delta$  ( $< 0$ ) describes the marginal disutility of the travel time consumed in PT services. It is critical here because we model the utility effects of TBMT and of connectivity to ICTs as:

$$\frac{\partial U_i}{\partial t_i} = \delta^k = \delta_0 + \delta_1 C_i^k + \delta_2 M_i^k + \delta_3 M_i^k C_i^k \quad (2.2)$$

where  $C_i^k$  is the degree of connectivity to ICTs in PT and  $M_i^k$  represents the number of tasks performed by the traveler  $i$  during her trip with smart phones, laptops or tabs. Without loss of generality, both variables are first considered as discrete, with index  $k = H$  referring to "high" level of connectivity and TBMT whereas index  $k = L$  refers to "low" level of attributes. Moreover, we assume that  $\delta_0 < 0 < \delta_1 C_i^k + \delta_2 M_i^k + \delta_3 M_i^k C_i^k$ .

Equation (2.2) stipulates that ("ceteris paribus"):

- The better the connectivity to ICTs in PT ( $C_i^H > C_i^L$ ), the less painful the travel time for individual  $i$  ( $\delta^L < \delta^H < 0$ ), for a given level of TBMT ( $M_i^H = M_i^L$ );
- The larger the number of tasks performed by traveler  $i$  during the PT trip with connected devices ( $M_i^H > M_i^L$ ), the less painful her travel time ( $\delta^L < \delta^H < 0$ ), for a given level of connectivity to ICTs ( $C_i^H = C_i^L$ );
- The better the connectivity to ICTs ( $C_i^H > C_i^L$ ) and the larger the number of tasks performed by traveler  $i$  during the PT trip with connected devices ( $M_i^H > M_i^L$ ), the less painful her travel time ( $\delta^L < \delta^H < 0$ ).

There are good reasons to assume that connectivity to ICTs and potentials for TBMT affect travelers' utility in proportion to the travel time spent in PT services. Actually, Ettema et al. (2012), (Frei, Mahmassani et Frei, 2015) and Mokhtarian et al. (2015) find that an increase in travel time causes a decrease in the subjective satisfaction of the journey, but performing secondary activities during trips, in particular those involving social interactions, may increase individuals' satisfaction, or at least decrease the dissatisfaction caused by "unpleasant" journeys. For (Connolly, Caulfield et Mahony, 2009) and (Hislop et Axtell, 2009) a good connectivity to ICTs can support TBMT possibilities, which may improve and diversify the travel time use. (Axtell, Hislop et Whittaker, 2008), (Gripsrud et Hjorthol, 2012) and Lyons (2013) show in the case of professional journeys that if PT is equipped with "sound" technologies, in particular a good connectivity to phone/internet networks, carriages can be

considered as a “mobile office” (Clayton et Jain, 2015) in which travelers can work, thus increasing the journey utility. Starting from an theoretical model of time allocation, and coupling a discrete choice model, a hazard-based model and a log-linear model through copulas techniques, (Pawlak, Polak et Sivakumar, 2017) question the relationships between time allocation and productivity in the case of business travelers by rail in the United Kingdom. Their empirical test shows that the use of ICTs during the travel is associated with a longer duration of work activities, even if the level of productivity is reported to be lower than in offices.

Within our simpler theoretical framework<sup>6</sup>, the degree of connectivity to ICTs and the associated possibilities of TBMT will affect the value of travel time savings ( $VOTTS^k$ ), i.e. the marginal rate of substitution between time and money resources:

$$VOTTS^k = \frac{\frac{\partial U_i}{\partial t_i}}{\frac{\partial U_i}{\partial m_i}} = \frac{\delta^k}{\beta} = \frac{(\delta_0 + \delta_1 C_i^k + \delta_2 M_i^k + \delta_3 M_i^k C_i^k)}{\beta} \quad (2.3)$$

When the level of connectivity to ICTs and/or the degree of TBMT increase, so does the numerator (i.e. it becomes less negative), thus reducing  $VOTTS$  ( $VOTTS^H < VOTTS^L$ ). In other words, specification (2.2) postulates that the generalized cost of PT usage is lower in the case travelers would enjoy a good connectivity to ICTs, allowing them to spend their travel time in a more productive and/or pleasant way via TBMT. This is in line with past empirical evidence. Analyzing a survey collected on PT users in the Netherlands, Ettema et Verschuren (2008) show that listening music can reduce the  $VOTTS$  by 69%. Using data from the Netherland Railways Panel, Adjenughwure (2017) find that trips during which professional travelers can perform their preferred activities (reading, working or listening music) lead to a reduction of  $VOTTS$  between 42% and 46%. For leisure travelers, the decrease in  $VOTTS$  is 6% when listening music is possible, 18% in the case of improved working conditions and 73% if they can read. Moreover, Varghese et Jana (2018) show in the case of Mumbai PT (India) that the  $VOTTS$  of commuters who perform connected TBMT can be reduced by 25% if they use smart phones to read and by 37% if they visit social media. Based on survey data collected in Northern California, Malokin, Circella et Mokhtarian (2017) additionally show that the age is positively related to the  $VOTTS$ : Millennials (these people born after 1980) have a  $VOTTS$  15.5% lower than the non-millennials, because the former have a higher propensity to use ICTs (which is a proxy of TBMT) during their trips<sup>7</sup>.

Importantly, limitations in our survey data avoid us estimating  $\beta$ , hence a direct assessment of  $VOTTS^k$ . For that reason, we instead mobilize an indirect approach inspired from the contingent valuation literature.

<sup>6</sup> We recognize that the  $\beta$  parameter may also depend on the level of connectivity to ICTs in PT. For the sake of simplicity, we ignore this dimension in our theoretical model and we only question, during our empirical exercise, the influence of PT fares on the value put on connectivity.

<sup>7</sup> The study by Steer Davies Gleave (2016) shows that business travelers are willing to pay a higher ticket fare of +17% to improve the internet service from “no connection” to “low connection”. The stated fare increase to improve the service from “low connection” to “medium” is equal to +4%. Regarding leisure travelers, Steer Davies Gleave (2016) estimate corresponding willingness to pay of +13% and +5% respectively.

## 2.2.2 Valuation of connectivity to ICTs

The contingent valuation methodology has been historically designed to value “non-market goods”, especially in the field of environmental economics (Haab et McConnell, 2002). As opposed to analyses that look at real behaviors (revealed preferences), it confronts individuals to hypothetical scenarios in order to determine the (equivalent or compensatory) variation in economic resources that make them indifferent between two “states of nature”, hence studying their stated preferences.

For reasons that will be made explicit in the next Section, our contingent scenarios involve trade-offs between improved connectivity to ICTs and reduced travel times, instead of more expensive PT fares as done in Steer Davies Gleave (2016) for instance. More precisely, we want to determine the “absolute reduction in travel time” ( $ARTT_i$ ) that equalizes the utility flows experienced by the individual  $i$  across “optimally” (index  $o$ ) and “as currently” (index  $c$ ) connected PT services ( $C_i^o > C_i^c$ ):

$$\begin{aligned} U_i^o &= \alpha + \beta m_i + (\delta_0 + \delta_1 C_i^o + \delta_2 M_i + \delta_3 M_i C_i^o) t_i + \rho X_i \\ &= \alpha + \beta m_i + (\delta_0 + \delta_1 C_i^c + \delta_2 M_i + \delta_3 M_i C_i^c) (t_i - ARTT_i) + \rho X_i = U_i^c \end{aligned} \quad (2.4)$$

where the TBMT variable ( $M_i$ ) is now exogenous and does not depend on the state of nature.

Equation (2.4) can be re-written as:

$$ARTT_i = \frac{t_i(\delta_1(C_i^c - C_i^o) + \delta_3 M_i(C_i^c - C_i^o))}{(\delta_0 + \delta_1 C_i^c + \delta_2 M_i + \delta_3 M_i C_i^c)} \quad (2.5)$$

It is straightforward to show that the valuation for the connectivity to ICTs is an increasing function of the travel time spent in PT (because  $C_i^c - C_i^o < 0$  and  $\delta_0 + \delta_1 C_i^c + \delta_2 M_i + \delta_3 M_i C_i^c < 0$ ). Moreover, simple manipulations lead to:

$$\frac{\partial ARTT_i}{\partial C_i^c} = \frac{t_i(\delta_1 + \delta_3 M_i)(\delta_0 + \delta_1 C_i^o + \delta_2 M_i + \delta_3 M_i C_i^o)}{(\delta_0 + \delta_1 C_i^c + \delta_2 M_i + \delta_3 M_i C_i^c)^2} < 0 \quad (2.6)$$

and:

$$\frac{\partial ARTT_i}{\partial M_i} = \frac{t_i(C_i^c - C_i^o)(\delta_0 \delta_3 - \delta_2 \delta_1)}{(\delta_0 + \delta_1 C_i^c + \delta_2 M_i + \delta_3 M_i C_i^c)^2} > 0 \quad (2.7)$$

because  $(\delta_0 \delta_3 - \delta_2 \delta_1) < 0$  if  $\delta_0 < \delta_2 \delta_1 / \delta_3$ , which is satisfied according to our assumptions.

Equation (2.6) stipulates that individuals are asking a lower travel time reduction in exchange of an optimal connectivity to ICTs whenever they enjoy one higher reference level of connectivity. Equation (2.7) implies that PT travelers value more the optimal connectivity to ICTs whenever they perform more tasks with their smart phones or tabs during the trip.

Although the empirical analysis in Section 2.4 will test these conjectures, our favorite valuation of connectivity to ICTs is the “relative reduction in travel time”:

$$RRTT_i = \frac{ARTT_i}{t_i} = \frac{(\delta_1(C_i^c - C_i^o) + \delta_3 M_i(C_i^c - C_i^o))}{(\delta_0 + \delta_1 C_i^c + \delta_2 M_i + \delta_3 M_i C_i^c)} \quad (2.8)$$

As previously, one can easily demonstrate that  $RRTT_i$  depends positively on  $M_i$  and negatively on  $C_i^c$ . Above all, Equation (2.8) may be re-written in order to formalize the link between  $RRTT_i$  and the “time multiplier” ( $TM_i$ ), a classical indicator in the literature on the valuation of PT qualitative attributes (OECD ITF, 2014):

$$RRRTT_i = 1 - TM_i = 1 - \frac{(\delta_0 + \delta_1 C_i^o + \delta_2 M_i + \delta_3 M_i C_i^o)}{(\delta_0 + \delta_1 C_i^c + \delta_2 M_i + \delta_3 M_i C_i^c)} \quad (2.9)$$

Equation (2.9) shows that the time multiplier (the RHS) corresponds to the marginal rate of substitution between “as currently” and “optimally” connected travel times. Assume for instance that  $RRTT_i$  is equal to 0.15, thus implying that  $TM_i$  is 0.85. This means that the utility cost of one minute spent in PT with an optimal connectivity to ICTs is equivalent from individuals’ perspective to 85% of the disutility arisen from the same minute but spent with the current (lower) level of connectivity. In practice, it is enough to apply the estimated  $TM_i$  to one benchmark (or official)  $VOTTS$  in order to translate into a monetary metric the subjective value of the connectivity to ICTs in PT, moderated by the degree of TBMT (see Equation (2.3)). Such knowledge may be particularly relevant in the frame of costs-benefits analyses appraising the socioeconomic desirability of investments that improve the connectivity to ICTs in PT, as briefly discussed in Subsection 2.5.2.

### 2.2.3 Clarifications

Before describing the survey data used to implement this model, several precisions regarding our empirical strategy may be useful.

First, it is worth noting that econometric tests presented in Section 2.4 will not strictly stick to the structural forms defined by Equations (2.5) and (2.8). We will rather use reduced form approaches that mirror the main relationships between dependent and explanatory variables. Defining  $\varepsilon_i$  and  $\epsilon_i$  as random error terms that capture traveler  $i$ ’s unobserved taste for the connectivity to ICTs (and considering  $Z_i$  as a vector of controls), we specify:

$$ARTT_i = \gamma_0 + \gamma_1 t_i + \gamma_2 C_i^c + \gamma_3 M_i + \gamma_4 Z_i + \varepsilon_i \quad (2.10)$$

and:

$$RRTT_i = \gamma_5 + \gamma_6 C_i^c + \gamma_7 M_i + \gamma_8 Z_i + \epsilon_i \quad (2.11)$$

where we expect that  $\gamma_1 > 0$ ,  $\gamma_2 < 0$ ,  $\gamma_3 > 0$ ,  $\gamma_6 < 0$  and  $\gamma_7 > 0$ .



To go beyond this additively linear specification of  $ARTT_i$  and  $RRTT_i$ , we can consider functional forms that allow for interaction terms between  $t_i$ ,  $C_i^C$  and  $M_i$ , in line with Equations (2.5) and (2.8). Once the best specification identified on the basis of information criteria, we will then use the econometric predictions to determine  $TM_i$  (Equation (2.9)).

Second, measuring the current level of connectivity to ICTs in PT ( $C_i^C$ ) is not obvious. Whereas objective indicators of service quality do exist (ARCEP, 2015), they are mainly dedicated to networks' operators and/or to regulatory bodies. By contrast, PT users only perceive a given connectivity to ICTs, which may strongly differ according to their subjective expectations about what should be a "normal" service quality. In order to account for this heterogeneity in perceptions, we will consider two alternative indicators of current connectivity to ICTs. As detailed below, the first one is a stated satisfaction score for the current quality of 2G and 3G wireless networks in Paris PT. The second indicator is the number of disturbances reported by travelers when trying to use their connected devices for different activities.

Lastly, a similar comment can be formulated for the TBMT variable ( $M_i$ ). Even if scholars have proposed formal definitions for this concept in the frame of travel activities (Circella, Mokhtarian et Poff, 2012), TBMT remains highly subjective and specific to individuals' habits. Whereas some estimates presented in Section 2.4 will inform  $M_i$  with the number of activities realized with smart phones and tabs during PT trips, we consider that this indicator alone does not describe TBMT. This could be much more a matter of individual skills and overall positioning regarding ICTs or time usage in general. In order to capture this heterogeneity (and to save some degrees of freedom), we will propose alternative estimates of  $ARTT_i$  and of  $RRTT_i$  where TBMT is approximated with a typology of PT users who differ according to some key characteristics. Such clustering approach has been used by Keolis (2016) which identifies, in the frame of its Observatory of French mobility, three groups of individuals according to their expectations on PT quality of service ("Digi'mobiles", "Connectés" and "Offlines"). (Julsrud et Denstadli, 2017) also identify, in the Norwegian case, three groups of travelers according to the use of ICTs while traveling ("Active users", "Passive users" and "Low use").

## 2.3 Data

### 2.3.1 Sample characteristics

The data used in this research are extracted from an on-line survey collected in 2015 with the help of the main PT operator in the Paris region (RATP), via two distinct channels<sup>8</sup>. First, a link towards the questionnaire was included into the RATP monthly newsletter sent by email to around 400,000 travel pass' subscribers. Because only 403 individuals took part to the survey, it was completed with 601 additional PT users hired through a dedicated access panel. This gave us an initial sample of 1,004 individuals. Unfortunately, this dataset was not directly exploitable. First, only 68% of the individuals completed the valuation question. Second, 141 travelers reported missing or partial information on

---

<sup>8</sup> These data were initially collected in the frame of a PhD thesis in sociology entitled "*La mobilité connectée au quotidien. Les usages du smartphone dans les transports en commun franciliens*". See Adoue (2016).

the in-vehicle travel time. Finally, we had to remove several inconsistent answers. All in all, we can work with a final dataset of 501 PT users<sup>9</sup>.

Table 2.1 reports the main individual and travel characteristics within our sample. Most of these variables can be considered as controls ( $Z_i$ ) when estimating the value for connectivity to ICTs in PT, in line with prior findings from the literature (Keseru et Macharis, 2017) but also with our valuation procedure. Importantly, questions on travel characteristics, broadly speaking, refer to the morning commute trip.

**Table 2.1 – Individual and travel characteristics (501 individuals)**

<b>Variables</b>	<b>Average</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>Male (dummy)</b>	0.32	0.47	0	1
<b>Age (years)</b>	38.2	13.3	16	70
<b>Live in Paris municipality (dummy)</b>	0.20	0.40	0	1
<b>At least Master degree (dummy)</b>	0.44	0.50	0	1
<b>Executives (dummy)</b>	0.33	0.47	0	1
<b>Live in couple (dummy)</b>	0.86	0.34	0	1
<b>Have children (dummy)</b>	0.34	0.47	0	1
<b>Own a smart phone (dummy)</b>	0.85	0.36	0	1
<b>Own a tab (dummy)</b>	0.52	0.50	0	1
<b>Public transport travel time (minutes)</b>	39.1	22.3	5	150
<b>Door-to-door travel time (minutes)</b>	53.2	24.1	10	150
<b>Travel time as “wasted” time (dummy)</b>	0.66	0.47	0	1
<b>Subway as primary mode (dummy)</b>	0.29	0.45	0	1
<b>Regional rail as primary mode (dummy)</b>	0.40	0.49	0	1
<b>Seated during the main trip (dummy)</b>	0.44	0.50	0	1
<b>Daily use of public transport (dummy)</b>	0.94	0.24	0	1
<b>Trip within the same travel zone (dummy)</b>	0.38	0.48	0	1
<b>Own a motorized vehicle (dummy)</b>	0.73	0.45	0	1

Source: survey data from Adoue (2016).

Males represent 32% of the sample and the mean age is 38 years old. In their literature review, (Keseru et Macharis, 2017) report that both individual characteristics may affect the degree of TBMT in PT, hence the value put on the connectivity to ICTs. Paris municipality inhabitants are moderately represented (20%) and 44% of the individuals have (at least) a Master degree, thus leading to 33% of executives. Again, it may be the case that educated individuals and/or executives differ from others with respect to the use of ICTs during their trips. Regarding the familial situation, most of the surveyed people live in couple (86%) and 34% of them have one or more child. These variables control for the scheduling of individuals’ activities because our hypothetical scenarios imply changes in travel times (see below). Finally, around 85% of the sample is equipped with smart phones and 52% of the people own a tab, these devices being perhaps associated with higher valuations for connectivity.

<sup>9</sup> We have decided not to use the “income” variable for benchmark estimates because only 409 individuals reported this information. See the discussion in Subsection 2.4.2.

Looking at travel characteristics, individuals spend an average 39 minutes in PT (for a total door-to-door travel time of 53 minutes). Recall that the temporal budget is expected to influence positively  $ARTT_i$ , although heterogeneity in the perceived utility cost of the travel time can moderate this effect. As such, 66% of the surveyed individuals consider their trip as a source of “wasted and unproductive” time. Regional rail and subway are the main “primary” transport modes used (40% and 29% respectively). We suspect that connectivity to ICTs is lower in subway, as compared to regional rail (but also to bus and tramway) that circulate underground only in central Paris. PT modes are essentially used on a daily basis (94%) and 44% of individuals are always seated during their trips, assuming that comfortable travels could ease TBMT<sup>10</sup>. Moreover, 73% of the sample owns a motorized vehicle (either a private car or one motorized two-wheels, or both) and sometimes experiences “less connected” trips. Lastly, we constructed a proxy for the price of the travel pass, highly difficult to estimate in the Paris region case. Around 38% of individuals live and work in the same travel zone. It can be hypothesized that expenditures engaged by these people are lower given the pricing structure of PT in the Paris region in 2015<sup>11</sup>. As such, they could be less likely to ask for a good level of connectivity to ICTs, as compared to travelers who support more expensive fares.

An important issue relates to the representativeness of this sample with respect to the whole population of PT users in the Paris region, as generally documented by the 2010 households mobility survey (“Enquête Globale Transport”). As shown in Appendix 6.1, Table 2.12, our sample exhibits a gender bias (females are over-represented), an age bias (over-representation of old travelers), and an occupational bias (executives are over-represented). The over-representation of females is often observed in PT surveys; the age and occupational biases are probably due to the structure of the panel where only professionals and students have been interviewed. Despite these differences, we believe our sample to be heterogeneous enough in order to draw robust conclusions on valuations for connectivity improvements.

### 2.3.2 Connectivity to ICTs and TBMT

Two crucial ingredients for our empirical exercise are the benchmark level of connectivity ( $C_i^c$ ) and the degree of individuals’ TBMT ( $M_i$ ). As explained previously, we consider different indicators for both dimensions, whilst recognizing that proposed variables may be subject to debates.

Regarding the current level of connectivity to ICTs, we will first use a stated satisfaction score describing the perceived quality of 2G and 3G wireless networks in Parisian PT. Individuals thus had to report a note ranging from 1 (“very poor quality”) to 4 (“very good quality”) for this attribute. As made clear in Table 2.2, the average satisfaction score within our sample is 2.5. Although not detailed here,

---

<sup>10</sup> Investigating survey data collected on 1,000 Paris subway users, (Haywood, Koning et Monchambert, 2017)(Haywood, Koning et Monchambert, 2017) show that the “non-polychronic” use of the travel time is one of the most disturbing features of in-vehicle crowding. This result could come from the fact that excessive in-vehicle densities avoid travelers to read journals and books, or to use their smartphones during their trips.

<sup>11</sup> At the time the survey was collected, the price of travel passes in the Paris region depended on five macro travel zones, with a positive relationship between traveled distances and prices. After a reform implemented in 2016, the pricing structure has become flat. Importantly, our proxy does not account for employers’ refunding schemes that can reach up to 50% of travel passes.

around 11% of travelers have reported the lowest note (1) and 14% the best score (4). Intermediary notes (2 and 3) received the majority of answers (41% and 34% respectively).

Our second proxy for the current connectivity to ICTs is the number of troubles experienced by travelers in their use of phones or tabs in PT. Survey participants were proposed a list of activities potentially made thanks to ICTs and had to select a maximum of two items for which they face major difficulties because of low communication network quality. In average, individuals reported 1.3 connectivity problems. Only 18% of the sample did not experience any connectivity trouble whereas 53% of the individuals have faced two problems. When looking at the most disturbed activities, it appears that making a call and sending text messages are the two first items (43% and 18% respectively). Conversely, people stated they were not excessively disturbed when sending emails and/or listening to music (4% and 3% respectively).

**Table 2.2 – Current connectivity to ICTs in Paris region PT**

<b>Variables</b>	<b>Average</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>Satisfaction score with 2G/3G</b>	2.5	0.87	1	4
<b>Number of connectivity problems</b>	1.3	0.77	0	2
<i>Trouble with internet (dummy)</i>	0.15	0.36	0	1
<i>Trouble with text messages (dummy)</i>	0.18	0.38	0	1
<i>Trouble with emails (dummy)</i>	0.04	0.19	0	1
<i>Trouble with calls (dummy)</i>	0.43	0.49	0	1
<i>Trouble with social networks (dummy)</i>	0.06	0.24	0	1
<i>Trouble with music (dummy)</i>	0.03	0.18	0	1
<i>Trouble with radio (dummy)</i>	0.15	0.35	0	1
<i>Trouble with videos (dummy)</i>	0.14	0.35	0	1
<i>Trouble with games (dummy)</i>	0.06	0.24	0	1
<i>Trouble with applications (dummy)</i>	0.10	0.30	0	1

Source: authors' calculations from survey data.

We now discuss the indicators used to assess the TBMT variable. First, individuals were asked to select activities they are (sometimes or regularly) performing in PT. The degree of TBMT is then found by adding the different dummies implied by these answers. For the sake of consistency, we distinguish “connected” and “non-connected” activities. Regarding the people who work during their trips for instance, we define as connected activities these tasks made with mobiles, tabs or laptops. By contrast, non-connected working tasks refer to those activities performed with “papers and pens”. Since our survey design proposed more connected activities than non-connected ones, the former are over-represented (Table 2.3): Individuals reported an average of 5.6 tasks realized during their PT trips thanks to ICTs, as opposed to 1.6 activities made without the assistance of phones or tabs. Both variables show large variations, with some travelers making up to 13 activities, others none. When looking at the different tasks performed in PT, items linked to communication are the most frequently quoted (96% of individuals send text messages to friends and 89% make calls). Somehow, surprisingly, working during PT trips is not systematic, with only 30% of individuals reporting such activities (with

or without ICTs). Moreover, we notice that reading paper books or journals constitutes a very common activity (stated by 90% of the sample).<sup>12</sup>

**Table 2.3 – Variety of tasks realized during PT trips**

<b>Variables</b>	<b>Average</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>Number of connected tasks</b>	5.6	2.4	0	10
<i>Working with ICTs (dummy)</i>	0.30	0.46	0	1
<i>Surf on internet (dummy)</i>	0.60	0.49	0	1
<i>Send text messages to friends (dummy)</i>	0.96	0.20	0	1
<i>Send emails to friends (dummy)</i>	0.68	0.47	0	1
<i>Call friends (dummy)</i>	0.89	0.31	0	1
<i>Social networks (dummy)</i>	0.54	0.50	0	1
<i>Listen music with ICTs (dummy)</i>	0.73	0.45	0	1
<i>Listen radio with ICTs (dummy)</i>	0.36	0.48	0	1
<i>Watch videos with ICTs (dummy)</i>	0.21	0.41	0	1
<i>Play games with ICTs (dummy)</i>	0.49	0.50	0	1
<b>Number of non-connected tasks</b>	1.6	0.82	0	3
<i>Working without ICTs (dummy)</i>	0.32	0.47	0	1
<i>Read books or paper journals (dummy)</i>	0.90	0.30	0	1
<i>Play games without ICTs (dummy)</i>	0.38	0.48	0	1
<b>Total number of tasks</b>	7.3	2.7	0	13

Source: authors' calculations from survey data.

### 2.3.3 A typology of travelers

Although informative, the number of activities realized in PT could miss important features of the TBMT phenomenon. For instance, the value put on connectivity to ICTs may be impacted by the way limited time resources are consumed by individuals in other places; the level of pressure on the temporal resource during the whole day should impact an individual' behavior during the mobility activity. In addition, it could also depend on idiosyncratic skills regarding ICTs usage. Since our survey includes many questions about these non-travel related characteristics, we may be willing to enrich our analysis with this information. In order to restrict the number of parameters to be estimated, however, we have decided to identify groups of individuals by means of a hierarchical cluster analysis (HCA) method, as done by (Julsrud et Denstadli, 2017) (see details in Appendix 6.2). Binary input factors used for this analysis are: The ownership of smart phones and/or tabs, individuals' beliefs regarding their aptitudes for ICTs ("good" or "bad"), various dummies describing whether PT users perform some activities (regrouped into the general "work", "communication", "entertainment" and "information" categories) with and/or without ICTs.

As made clear in Table 2.4, three categories of PT users emerge: "Ultra-connected" individuals (26% of the sample) feel comfortable with ICTs. As such, the majority of their activities are realized with smart phones or tabs, especially for entertainment and informational purposes. By contrast, "low-

<sup>12</sup> We recognize one important shortfall of this TBMT variable: It only refers to the number of tasks realized during PT trips, and not to amount of time spent for these various activities.

connected” individuals (19% of the sample) are less likely to own a smart phone or a tab and they face difficulties to mobilize the many potentialities of ICTs. Logically, these people work and read information in more “classical” ways (without connected devices). Lastly, most of the sample (55%) belongs to the “mixed” category. These PT travelers mobilize both ICTs-based and classical media to work, to read information and for recreational purposes.

**Table 2.4 – Typology of travelers**

	<b>Ultra-connected</b>	<b>Mixed</b>	<b>Low-connected</b>	<b>Average</b>
<b>Sample share</b>	26%	55%	19%	100%
<b>Own a smart phone</b>	100%	100%	22%	85%
<b>Own a tab</b>	53%	61%	29%	52%
<b>Aptitude for ICTs</b>	91%	89%	5%	73%
<b>Communication</b>	100%	100%	89%	98%
<b>Work</b>	40%	53%	32%	46%
<i>Only with ICTs</i>	47%	30%	3%	30%
<i>Only without ICTs</i>	24%	27%	84%	34%
<i>With both</i>	29%	43%	13%	36%
<b>Entertainment</b>	94%	100%	94%	97%
<i>Only with ICTs</i>	63%	1%	10%	17%
<i>Only without ICTs</i>	6%	8%	43%	15%
<i>With both</i>	31%	91%	47%	68%
<b>Information</b>	70%	100%	87%	90%
<i>Only with ICTs</i>	60%	0%	1%	12%
<i>Only without ICTs</i>	10%	23%	87%	33%
<i>With both</i>	30%	77%	12%	55%

Source: authors’ calculations from survey data.

When looking at individual characteristics behind these users’ types, we see that low-connected individuals are mostly women, older than others, less educated and more likely to use regional rail as their primary transport mode. Table 2.5 also shows that users’ types greatly differ with respect to the perceived quality of current connectivity to ICTs and/or the number of activities made in PT, with or without connected devices. Again, this is especially true for low-connected travelers who are less prone to use smart phones or tabs in PT and who perceive less connectivity troubles. By contrast, ultra-connected and mixed individuals share many similarities in these respects. Put differently, the proposed clusters of PT users may be relevant to capture variations in both TBMT habits, reference level of connectivity to ICTs and individual heterogeneity<sup>13</sup>.

**Table 2.5 – Users types’ characteristics**

<b>Variables</b>	<b>Low-connected</b>	<b>Mixed</b>	<b>Ultra-connected</b>
<b>Male (dummy)</b>	0.24	0.32	0.38
<b>Age (years)</b>	46.1	38.4	31.2

<sup>13</sup> These elements are confirmed by the results of a multinomial logit aimed at identifying factors that significantly influence the probability of belonging to one of these PT users’ types (Table 2.13 in Appendix 6.2).

<b>Live in Paris municipality</b> (dummy)	0.16	0.22	0.17
<b>At least Master degree</b> (dummy)	0.34	0.49	0.41
<b>Executives</b> (dummy)	0.25	0.37	0.30
<b>Live in couple</b> (dummy)	0.91	0.86	0.84
<b>Have children</b> (dummy)	0.34	0.36	0.28
<b>Public transport travel time</b> (minutes)	39.9	39.8	37.0
<b>Door-to-door travel time</b> (minutes)	54.5	54.2	50.1
<b>Travel time as “wasted” time</b> (dummy)	0.68	0.63	0.71
<b>Subway as primary mode</b> (dummy)	0.22	0.32	0.27
<b>Regional rail as primary mode</b> (dummy)	0.51	0.39	0.31
<b>Seated during the main trip</b> (dummy)	0.41	0.44	0.44
<b>Daily use of public transport</b> (dummy)	0.95	0.95	0.91
<b>Trip within the same travel zone</b> (dummy)	0.40	0.34	0.45
<b>Own a motorized vehicle</b> (dummy)	0.61	0.77	0.73
<b>Satisfaction with 2G/3G</b>	2.9	2.6	1.8
<b>Number of connectivity troubles</b>	1.4	1.5	0.9
<b>Number of connected tasks</b>	6.0	6.6	2.9
<b>Number of non-connected tasks</b>	0.9	1.9	1.7

Source: authors' calculations from survey data.

#### 2.3.4 Valuation procedure

Our valuation exercise is inspired from the contingent valuation methodology (Haab et McConnell, 2002). After asking survey participants whether they would be interested by any improvement in the connectivity to ICTs in PT (86% of them being interested), individuals were presented the following hypothetical choice:

*“Which improvement would you prefer? One optimal connectivity to phone and internet networks in PT? Or a 10 minutes decrease in your (morning) PT travel time?”*

In line with the “double-bounded” framework (Hanemann, Loomis et Kanninen, 1991), follow-up questions were implemented depending on individuals’ answers to this first scenario. Those who opted for the 10 minutes saving option were then confronted to a second choice experiment with a lower travel time reduction (5 minutes). For these individuals, the valuation exercise stopped after this second question. By contrast, travelers who initially selected the optimal connectivity option were then confronted to larger and successive travel time savings of 15, 20 and 25 minutes respectively. For these people, the choice experiment stopped as soon as the optimal connectivity option was rejected. Consequently, individuals’ answers to these hypothetical scenarios inform us about the value put on connectivity to ICTs, as approximated by the  $ARTT_i$  variable (see Equation (2.3)).

We recognize a major drawback of this contingent approach: The hypothetical gain proposed to PT users is subjective because each individual may define the “optimal level of connectivity” very differently. We consider, however, that indicators of current connectivity shown in Table 2.2 may control for such heterogeneity in perceptions. Moreover, using a temporal “payment vehicle”, instead

of a monetary one, could strongly improve the accuracy of stated preferences, a frequently pointed-out limitation of the contingent valuation methodology (Kanninen, 1995 ; Haab et McConnell, 2002). First, recall that on-line surveys have been diffused with the help of the Paris region PT operator. Therefore, individuals may have seen these hypothetical scenarios as an attempt to increase in the future the level of PT fares, with a potentially high rejection rate<sup>14</sup>. Second, we consider that proposing more expensive PT fares would incentivize some individuals to free-ride on others' contributions ("strategic bias"). Finally, some travelers may consider the communication network connectivity to be so low in Paris region PT that they prefer to interrupt their call before accessing the subway station, and to abstain calling while traveling. Put differently, these individuals are trading travel time against connectivity to ICTs in PT, which should reduce the so-called "hypothetical bias".

This being said, Table 2.6 shows the distribution of individuals' answers. The majority of PT users (59%) have chosen twice the travel time savings option, their  $ARTT_i$  being consequently below 5 minutes. The second most represented category (22%) is made of PT users who first favored the 10 minutes decrease in travel time, then the optimal connectivity option once confronted to lower time gains (of 5 minutes). Lastly, the share of individuals who highly value the connectivity to ICTs (because asking for reductions in travel time of at least 10 minutes) is moderate (19%). By censoring upper and lower intervals with reasonable thresholds (0 minute for "below 5 minutes" and the actual travel time in PT for "above 25 minutes"), the average  $ARTT_i$  amounts to 7 minutes. Regarding the median, however, it is below 2.5 minutes, thus stressing variance in connectivity values (the standard deviation of the mean  $ARTT_i$  is 8 minutes).

**Table 2.6 – Absolute reductions in travel times**

<b>ARTT intervals</b>	<b>&lt; 5 min.</b>	<b>5-10 min.</b>	<b>10-15 min.</b>	<b>15-20 min.</b>	<b>20-25 min.</b>	<b>&gt; 25 min.</b>
<b>Number of individuals</b>	295	111	30	34	10	21
<b>Share of answers</b>	58.9%	22.2%	6.0%	6.8%	2.0%	4.2%

Source: authors' calculations from survey data.

As argued in Section 2.2, our preferred valuation indicator is the relative reduction in travel time due to its direct relationship with the time multiplier (see Equation (2.9)) and its operational advantages. Table 2.7 highlights the distribution of the mean  $RRTT_i$  implied by individuals' answers to the trade-offs and by their travel times in PT. Again, we assume a minimal lower bound of 0% and a maximal upper bound of 100%. For 43% of PT users, the travel time should be reduced by 10% (or less) to provide them with the same utility flow as compared to a situation where they would enjoy an optimal connectivity to ICTs. By contrast, 23% of the travelers would need a travel time reduction of at least 30%, thus stressing that numerous people do really value connectivity to ICTs in PT. All in all, the average  $RRTT_i$  is 21.7% and shows an important variance: The standard deviation of  $RRTT_i$  is 21.9 (in percentage points), for a median value of 13%.

**Table 2.7 – Relative reductions in travel times**

<b>RRTT intervals</b>	<b>&lt; 10%</b>	<b>10-20%</b>	<b>20-30%</b>	<b>30-40%</b>	<b>40-50%</b>	<b>&gt; 50%</b>
<b>Number of individuals</b>	216	106	64	31	36	48

<sup>14</sup> Moreover, proposing higher PT fares in exchange of an optimal connectivity to ICTs would have required additional information on current travel passes' prices as well as on employers' refunding schemes.



<b>Share of answers</b>	43.1%	21.2%	12.8%	6.2%	7.2%	9.6%
-------------------------	-------	-------	-------	------	------	------

Source: authors' calculations from survey data.

Once the empirical material presented, we can go beyond these average valuations and econometrically identify the driving factors of  $ARTT_i$  and  $RRTT_i$ .

## 2.4 Empirical analysis

### 2.4.1 Econometric strategy

Individuals' answers to the contingent experiments only inform us about intervals in which lie their "true" valuations for an optimal connectivity to ICTs in PT. As a consequence, we rely on econometric models that accommodate with "latent variables" (Long et Freese, 2001 ; Ben-Akiva et al., 2002 ; Train, 2009).

Assume for instance that the traveler  $i$  first favored the optimal connectivity option then rejected the second offer with travel time savings of 5 minutes. The probability that her stated  $ARTT_i$  ( $Stated_{ARTT_i}$ ) belongs to the second interval in Table 2.6 can be formalized as:

$$Pr(Stated_{ARTT_i} = 2nd) = Pr(5 < ARTT_i < 10) \quad (2.12)$$

In line with Equation (2.10),  $ARTT_i$  depends on a vector of explanatory variables ( $K_i$ ) and of one statistical noise ( $\varepsilon_i$ ), which gives:

$$Pr(Stated_{ARTT_i} = 2nd/K_i) = Pr(5 < \gamma K_i + \varepsilon_i < 10) \quad (2.13)$$

Once the error term rearranged, the choice probability related to this second valuation category is:

$$Pr(Stated_{ARTT_i} = 2nd/K_i) = F_{\mu_i}(10 - \gamma K_i) - F_{\mu_i}(5 - \gamma K_i) \quad (2.14)$$

where  $F_{\mu_i}$  is the cumulative density function of the new error term  $\mu_i$ .

By considering all possible intervals and assuming that  $\mu_i$  are EV-Type 1 i.i.d, we can estimate one ordered logit model (see (Long et Freese, 2001 ; Train, 2009). Even if individuals' answers do not directly lead to the intervals shown in Table 2.7, we will use a similar econometric method to investigate the determinants of  $RRTT_i$  based on these ranges<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Double-bounded contingent experiments are generally analyzed with interval regression models (Hanemann, Loomis et Kanninen, 1991 ; Lopez-Feldman, 2012 ; de Lapparent et Koning, 2016). We could not do so in this research, for two main reasons. First, some individuals faced two valuation questions whereas others were confronted to 4 hypothetical scenarios. As a consequence, we should have selected either the two first or a combination of two choices, which would reduce the amount of statistical information. Moreover, all individuals were initially proposed a 10 minutes travel time saving. This is a strong limitation because above-mentioned models require variations in the proposed bids in order to estimate the "stimulus" parameter. Hence the methodological choice in favor of ordered logit models that, can be seen as a variant of interval data models

Before presenting the results, several practical precisions regarding our empirical analysis are relevantly stated. First, we will test various models in which variables related to the current connectivity to ICTs and to TBMT are combined. In particular, one test will consider the typology of PT users as the only structural variable. Second, we will look at different information criteria in order to select the model that fits the best the data, with a particular emphasis put on the McKelvey and Zavoina Pseudo- $R^2$  because it is considered as the most relevant indicator in the case of ordered logit models (Long et Freese, 2001). For the sake of comparability across models, we have chosen to exclude dummies related to the ownership of smartphones and/or tabs, this information having been used to build the typology of PT users. Lastly, estimates of  $RRTT_i$  include the share of the door-to-door travel time spent in PT services as explanatory variable.

#### 2.4.2 Results

Tables 2.8 and 2.9 report our econometric results, qualitatively similar for both dependent variables. Several conclusions emerge. First, the theoretical predictions discussed in Section 2.2 cannot be rejected: The better the current connectivity to ICTs in Paris region PT (approximated either by the satisfaction score with 2G/3G technologies or by the number of connectivity troubles), the lower the value put on the optimal connectivity. Second, the probabilities of having chosen large  $ARTT_i$  and  $RRTT_i$  are higher when individuals currently perform more tasks with connected devices during their trips (Models (2) and (3)). By contrast, non-connected activities turn out to be statistically insignificant, thus suggesting that individuals who read (paper) books or journals in PT are not really interested by the many potentialities offered by smartphones or tabs. Third, the proposed typology of individuals is relevant to understand the heterogeneity in valuations for connectivity improvements (Models (4) to (6)). As compared to low-connected travelers, mixed and ultra-connected PT users value more the optimal connectivity to ICTs. Contrasting the size of the parameters, mixed travelers may have larger  $ARTT_i$  than ultra-connected individuals, probably because they face more connectivity troubles and/or they realize more tasks with smart phones and tabs in PT (see Table 2.5). Lastly, Table 2.8 illustrates that  $ARTT_i$  significantly increases with the in-vehicle travel duration (expressed in logarithm<sup>16</sup>). By contrast, we consider that the negative relationship between  $RRTT_i$  and the share of door-to-door travel time spent in PT shown in Table 2.9 is much more artificial. In fact, the travel time spent in PT services is the numerator of the “share of travel time in PT” variable, whereas it is the denominator of  $RRTT_i$ , hence the negative correlation.

Looking then at controls, we see that individual heterogeneity has a very modest impact on estimates. The only variable that has a constant (negative) effect on both  $ARTT_i$  and  $RRTT_i$  is the perception of travel times as “wasteful and unproductive” moments. This is surprising because our hypothetical scenarios imply reduced travel durations, which should lead to the opposite outcome. It may be the case that individuals who consider PT travels as wasteful times are not at all interested by the many potentialities offered by ICTs, regardless the way time resources could be consumed. Second, the proxy for the (lower) price of travel passes impacts positively  $RRTT_i$ . As before, this result probably reflects

---

(Train, 2009 ; Lopez-Feldman, 2012). In addition, note that interval regression models could be used to study the  $RRTT_i$  variable (because the initial bid of 10 minutes lead to individuals-specific values of  $RRTT_i$  once normalized by the PT travel time). Doing so, we have found results very similar to those presented in Table 2.9.

<sup>16</sup> We use the log-transformation of the travel time because it significantly improves the estimates' precision.

the negative correlation between the “same travel zone” dummy and the travel time spent in PT (the numerator of  $RRTT_i$ ). Lastly, Models (1) suggest that old travelers value less the optimal connectivity to ICTs. However, the corresponding parameter is no more significant once added the current connectivity and the TBMT variables. In fact, explanatory estimates (see Tables 2.14 and 2.15 in Appendix 6.3) show that individual heterogeneity is playing much more on  $C_i^c$  and on  $M_i$ . For instance, the number of connected tasks realized in PT is systematically lower for old individuals and for subway’ or regional rail’ users. By contrast, it is always larger for men, for travelers who are seated during their trip and for motorized vehicles’ owners. Regarding the benchmark level of connectivity, it is constantly influenced by seated conditions (positively), underground modes (negatively) and the travel time spent in PT services (negatively). Put differently, individual heterogeneity impacts indirectly the valuations for an optimal connectivity to ICTs through its direct effects on  $C_i^c$  and  $M_i$ .

Before presenting the valuation parameters, we have first to select our preferred econometric model. All goodness of fit statistics reported in Tables 2.8 and 2.9 (log-pseudolikelihood, Akaike or Bayesian Information Criteria, McKelvey and Zavoina pseudo  $R^2$ ) suggest that Models (3) should be favored in this respect. From an empirical point of view, the occurrence of connectivity troubles faced by travelers and the number of tasks they realize in PT with smart phones or tabs are consequently the most relevant variables to capture variations in  $ARTT_i$  and  $RRTT_i$ . Moreover, a Brant test confirms that models (3) constitute a good candidate because the “parallel regression assumption” (an important assumption of ordered logit models, see Long et Freese (2001)) is not violated for our main variables of interest ( $C_i^c$  and  $M_i$ ). Since we consider the typology of PT users relevant<sup>17</sup>, we may additionally consider results from Models (5) because they lead to more precise estimates than Models (4) or (6). In that case, however, the Brant test warns us about potential model misspecification: The parameter associated with the mixed PT users is not constant across categorical outcomes, its positive impact declining for the highest intervals of  $ARTT_i$  and  $RRTT_i$ .

Based on Model (3), we have run additional estimates (not reported here but available upon requests) in order to check the robustness of our findings. First, using interaction terms between the travel time spent in PT, the degree of connectivity to ICTs and the number of tasks realized with smart phones or tabs does not improve the results. Most of the new estimators are not statistically different from zero and goodness of fit statistics do not support these specifications. Put differently, the simplest reduced forms of  $ARTT_i$  and  $RRTT_i$  are satisfactory. Second, valuations for the optimal connectivity are not impacted by individuals’ income. In fact, 409 travelers reported accurately this information during the survey. Adding this variable into the vector of controls does not modify the results. Third, we can mobilize detailed information on the disturbed activities (Table 2.2), but also on the various tasks realized with connected devices (Table 2.3). Regarding the former, all but three parameters (“trouble with internet”, “trouble with emails”, “trouble with social networks”) are significantly positive, with the highest impacts found for connectivity problems encountered by PT users who use applications or who listen music. Regarding the latter,  $ARTT_i$  and  $RRTT_i$  are larger only for travelers who use their connected devices to communicate on social networks, to watch movies or to play on-line. Given the relatively small size of the sample at our disposal, we refrain using this detailed information in the

---

<sup>17</sup> According to econometric results shown in Appendix 6.3 (Tables 2.14 and 2.15), the typology of PT users is especially relevant to understand variations in the benchmark level of connectivity to ICTs or in the number of tasks performed during the trips.

benchmark, as the number of parameters to be estimated dramatically increases. Lastly, due to doubts raised about the consistency of their stated preferences, we removed from the analysis 21 individuals who were initially interested by connectivity improvements but have always chosen the travel time savings options. Even if parameters associated with  $C_i^c$  and  $M_i$  slightly change, we get very similar results (both qualitatively and quantitatively).

**Table 2.8 – Determinants of  $ARTT_i$  (ordered logit on 501 observations)**

Model	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Satisfaction with 2G/3G</b>	-	-0.35** (0.14)	-	-0.42*** (0.15)	-	-
<b>Nb. of connectivity troubles</b>	-	-	0.56*** (0.16)	-	0.61*** (0.15)	-
<b>Nb. of connected tasks</b>	-	0.28*** (0.05)	0.22*** (0.05)	-	-	-
<b>Nb. of non-connected tasks</b>	-	-0.06 (0.13)	-0.04 (0.13)	-	-	-
<b>Ultra-connected (vs. low-connected)</b>	-	-	-	1.35*** (0.40)	0.73** (0.36)	0.91** (0.36)
<b>Mixed (vs. low-connected)</b>	-	-	-	1.55*** (0.34)	0.96*** (0.32)	1.21*** (0.32)
<b>PT travel time (log)</b>	0.63*** (0.17)	0.55*** (0.18)	0.54*** (0.18)	0.55*** (0.18)	0.53*** (0.18)	0.62*** (0.17)
<b>Age</b>	-0.02** (0.01)	-0.01 (0.01)	0.00 (0.01)	-0.02* (0.01)	-0.01 (0.01)	-0.01 (0.01)
<b>Male</b>	0.11 (0.20)	-0.02 (0.21)	-0.06 (0.20)	0.08 (0.21)	0.04 (0.20)	0.06 (0.20)
<b>Paris municipality inhabitant</b>	0.02 (0.28)	-0.12 (0.30)	-0.16 (0.32)	-0.15 (0.30)	-0.17 (0.30)	-0.04 (0.29)
<b>Master degree</b>	-0.12 (0.21)	-0.18 (0.23)	-0.16 (0.22)	-0.17 (0.22)	-0.16 (0.22)	-0.18 (0.22)
<b>Executive</b>	0.34 (0.23)	0.31 (0.24)	0.22 (0.23)	0.21 (0.23)	0.16 (0.23)	0.26 (0.23)
<b>In couple</b>	-0.36 (0.25)	-0.27 (0.26)	-0.16 (0.27)	-0.33 (0.26)	-0.19 (0.27)	-0.29 (0.26)
<b>Children</b>	0.03 (0.22)	-0.16 (0.22)	-0.19 (0.22)	-0.09 (0.23)	-0.13 (0.23)	-0.06 (0.23)
<b>Subway</b>	0.35 (0.27)	0.44 (0.28)	0.42 (0.28)	0.14 (0.28)	0.19 (0.28)	0.32 (0.27)
<b>Regional rail</b>	0.10 (0.23)	0.17 (0.23)	0.14 (0.23)	0.11 (0.24)	0.07 (0.24)	0.18 (0.23)
<b>PT every day</b>	0.06 (0.46)	0.09 (0.51)	0.08 (0.51)	0.09 (0.47)	0.05 (0.46)	0.09 (0.45)
<b>Seated trip</b>	-0.12 (0.19)	-0.19 (0.20)	-0.21 (0.20)	-0.02 (0.20)	-0.08 (0.19)	-0.14 (0.19)

<b>Motorized vehicle</b>	-0.02 (0.23)	-0.17 (0.24)	-0.10 (0.24)	-0.13 (0.24)	-0.05 (0.24)	-0.10 (0.24)
<b>Trip as wasted time</b>	-0.75*** (0.20)	-0.74*** (0.20)	-0.82*** (0.20)	-0.74*** (0.20)	-0.82*** (0.21)	-0.71*** (0.20)
<b>Same travel zone</b>	0.28 (0.22)	0.43* (0.22)	0.42* (0.23)	0.44* (0.23)	0.40* (0.23)	0.34 (0.23)
<b>Log-pseudolikelihood</b>	-586.0	-565.0	-561.4	-571.6	-567.4	-576.7
<b>Akaike Information Criterion</b>	1,212.0	1,176.0	1,168.9	1,189.3	1,180.8	1,197.4
<b>Bayesian Information Criterion</b>	1,296.4	1,273.0	1,265.8	1,286.3	1,277.7	1,290.2
<b>McKelvey &amp; Zavoina pseudo R<sup>2</sup></b>	9.1	18.3	20.7	16.6	18.8	14.1

Note: robust standard errors in brackets; \*\*\*: p<0.01; \*\*: p<0.05; \*: p<0.1.

**Table 2.9 – Determinants of  $RRTT_i$  (ordered logit on 501 observations)**

<b>Model</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>
<b>Satisfaction with 2G/3G</b>	-	-0.21* (0.12)	-	-0.29** (0.13)	-	-
<b>Nb. of connectivity troubles</b>	-	-	0.28** (0.13)	-	0.35*** (0.13)	-
<b>Nb. of connected tasks</b>	-	0.22*** (0.04)	0.18*** (0.04)	-	-	-
<b>Nb. of non-connected tasks</b>	-	-0.15 (0.11)	-0.14 (0.11)	-	-	-
<b>Ultra-connected (vs. low-connected)</b>	-	-	-	1.05*** (0.34)	0.64** (0.29)	0.73** (0.29)
<b>Mixed (vs. low-connected)</b>	-	-	-	1.01*** (0.27)	0.62** (0.25)	0.78*** (0.25)
<b>Share of travel time in PT (log)</b>	-1.30*** (0.24)	-1.49*** (0.25)	-1.48*** (0.25)	-1.50*** (0.27)	-1.48*** (0.26)	-1.38*** (0.25)
<b>Age</b>	-0.02** (0.01)	-0.01 (0.01)	-0.00 (0.01)	-0.01 (0.01)	-0.01 (0.01)	-0.01 (0.01)
<b>Male</b>	0.19 (0.19)	0.11 (0.19)	0.09 (0.19)	0.18 (0.19)	0.15 (0.19)	0.16 (0.19)
<b>Paris municipality inhabitant</b>	0.07 (0.27)	0.04 (0.28)	0.01 (0.30)	-0.03 (0.28)	-0.04 (0.29)	0.02 (0.28)
<b>Master degree</b>	-0.18 (0.20)	-0.18 (0.20)	-0.16 (0.20)	-0.21 (0.20)	-0.18 (0.20)	-0.21 (0.20)
<b>Executive</b>	0.23 (0.22)	0.16 (0.22)	0.12 (0.22)	0.12 (0.22)	0.09 (0.22)	0.16 (0.22)
<b>In couple</b>	-0.33 (0.23)	-0.28 (0.23)	-0.22 (0.24)	-0.29 (0.24)	-0.22 (0.24)	-0.28 (0.24)
<b>Children</b>	-0.01 (0.21)	-0.16 (0.21)	-0.18 (0.21)	-0.09 (0.21)	-0.12 (0.21)	-0.07 (0.21)
<b>Subway</b>	0.31 (0.26)	0.41 (0.27)	0.40 (0.27)	0.21 (0.27)	0.24 (0.27)	0.33 (0.26)

<b>Regional rail</b>	-0.15 (0.21)	-0.08 (0.21)	-0.10 (0.21)	-0.14 (0.21)	-0.17 (0.21)	-0.07 (0.21)
<b>PT every day</b>	-0.22 (0.36)	-0.18 (0.38)	-0.20 (0.38)	-0.19 (0.37)	-0.22 (0.37)	-0.15 (0.36)
<b>Seated trip</b>	-0.12 (0.18)	-0.16 (0.19)	-0.19 (0.18)	-0.05 (0.19)	-0.11 (0.18)	-0.15 (0.18)
<b>Motorized vehicle</b>	-0.00 (0.21)	-0.08 (0.22)	-0.04 (0.22)	-0.08 (0.22)	-0.02 (0.22)	-0.07 (0.22)
<b>Trip as wasted time</b>	-0.83*** (0.19)	-0.80*** (0.19)	-0.83*** (0.19)	-0.82*** (0.19)	-0.85*** (0.19)	-0.80*** (0.19)
<b>Same travel zone</b>	0.60*** (0.21)	0.71*** (0.21)	0.72*** (0.22)	0.73*** (0.21)	0.72*** (0.22)	0.65*** (0.21)
<b>Log-pseudolikelihood</b>	-729.3	-714.8	-714.1	-721.2	-720.1	-724.1
<b>Akaike Information Criterion</b>	1,498.6	1,475.6	1,474.2	1,488.4	1,486.3	1,492.3
<b>Bayesian Information Criterion</b>	1,583.0	1,572.6	1,571.2	1,585.4	1,583.2	1,585.0
<b>McKelvey &amp; Zavoina pseudo R<sup>2</sup></b>	14.7	19.7	20.2	18.0	18.4	16.7

Note: robust standard errors in brackets; \*\*\*: p<0.01; \*\*: p<0.05; \*: p<0.1.

### 2.4.3 Time multipliers

We now capitalize on these econometric results to value the optimal connectivity to ICTs in Paris region PT. As discussed in Section 2.2, we mainly focus on  $RRTT_i$  because it is directly linked to the time multiplier (see Equation (2.9)), our favorite valuation indicator. Based on Model (3), Table 2.9, we first predict the probabilities that each individual belongs to one of the categories shown in Table 2.7. We then compute the mean  $RRTT_i$  by crossing these predicted probabilities with intervals-specific values. To be on the safe side, we consider lower bounds of both minimal and maximal intervals. For instance, the 0-10% range is here associated with one  $RRTT_i$  equal to zero. Put differently, the  $TM_i$  figures described in Table 2.10 are conservative<sup>18</sup>.

First, we observe that the predicted distribution of  $RRTT_i$  is almost similar to the one presented in Table 2.7. Considering the whole sample, we find a mean  $RRTT_i$  of 16%, thus implying an average time multiplier equal to 0.84. In other terms, each minute spent in optimally connected vehicles would generate one utility cost equivalent to 84% of that born from one minute spent with current travel conditions in Paris region PT. Alternatively, this means that the benchmark  $VOTTS$  should be reduced by 16% if networks connectivity would become optimal therein.

**Table 2.10 – Time multipliers (with respect to the optimal connectivity scenario)**

$RRTT_i$ intervals	< 10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	> 50%	$RRTT_i$	$TM_i$
<i>Chosen values for <math>RRTT_i</math></i>	0.0%	15.0%	25.0%	35.0%	45.0%	50.0%	-	-
<b>Whole sample</b>	43.3%	21.7%	12.9%	6.0%	6.8%	9.3%	16.3%	<b>0.84</b>

<sup>18</sup> Table 2.16 in Appendix 6.4 presents corresponding estimates for the  $ARTT_i$  indicator. Moreover, we have also estimated  $RRTT_i$  by using interval regression models (see Footnote 15). Implied time multipliers are very similar than those presented in Table 2.10, in terms of rankings notably, but slightly larger. This gap is probably due to our choice of considering minimal and maximal intervals' lower bounds.

<b>0 connectivity trouble</b>	53.6%	19.6%	10.3%	4.6%	5.1%	6.8%	12.8%	<b>0.87</b>
<b>1 connectivity trouble</b>	46.7%	21.6%	12.3%	5.6%	6.1%	7.7%	14.9%	<b>0.85</b>
<b>2 connectivity troubles</b>	37.8%	22.4%	14.1%	6.8%	7.9%	11.0%	18.3%	<b>0.82</b>
<b>0-3 tasks with ICTs</b>	59.5%	19.1%	9.1%	3.8%	3.9%	4.7%	10.6%	<b>0.89</b>
<b>4-6 tasks with ICTs</b>	44.3%	22.2%	12.8%	5.8%	6.4%	8.5%	15.7%	<b>0.84</b>
<b>7-10 tasks with ICTs</b>	34.3%	22.5%	14.8%	7.4%	8.7%	12.4%	19.8%	<b>0.80</b>
<b>0-1 trouble &amp; 0-3 tasks</b>	62.7%	18.2%	8.3%	3.4%	3.4%	4.1%	9.6%	<b>0.90</b>
<b>2 troubles &amp; 7-10 tasks</b>	32.5%	22.4%	15.1%	7.6%	9.1%	13.3%	20.5%	<b>0.79</b>
<b>Ultra-connected PT users</b>	37.2%	21.9%	14.1%	7.0%	8.2%	11.5%	18.7%	<b>0.81</b>
<b>Low-connected PT users</b>	59.6%	18.8%	9.1%	3.8%	4.0%	4.7%	10.6%	<b>0.89</b>
<b>Mixed PT users</b>	40.3%	22.3%	13.5%	6.5%	7.4%	10.0%	17.3%	<b>0.83</b>

Source: authors' calculations from model (3) and model (5), Table 2.9.

Estimates have confirmed that  $RRTT_i$  depends on the current connectivity to ICTs and on the number of tasks realized in PT with smart phones or tabs. As made clear in Table 2.10, the degree of TBMT has a larger impact. Whereas the subjective value of the time declines from 0.87 to 0.82 when the number of connectivity troubles grows from 0 to 2, the  $TM_i$  ranges between 0.89 for individuals who perform 3 or less connected tasks and 0.80 for "intensive" multi-taskers (who make at least 7 activities with their devices). By crossing both dimensions, we logically find polar cases:  $TM_i$  is equal to 0.90 for individuals who make a limited number of activities and enjoy a good connectivity to ICTs. By contrast, the optimal connectivity is more valued by travelers who use their devices intensively and face a lot of troubles ( $TM_i$  is equal to 0.79 in that case). Interestingly, these extreme valuations are almost identical to those found by considering the typology of PT users. Based on Model (5), Table 2.9, we estimate one  $TM_i$  equal to 0.81 for ultra-connected travelers, against 0.89 for low-connected individuals. Latter figures suggest that individual heterogeneity, here captured by PT users' types, may have a non-negligible influence on valuation parameters.

Results presented in Table 2.10 suffer one major drawback: They reflect subjective values of the travel time with respect to one hypothetical situation where the connectivity to ICTs in Paris region PT would be optimal. Fortunately, they can be used to valorize more gradual and credible improvements. Equation (2.15) formalizes the time multiplier to be considered if PT users would move from 2 connectivity troubles to only 1 connectivity problem:

$$TM^{2T \rightarrow 1T} = \frac{\delta^{1T}}{\delta^{2T}} = \frac{\left(\frac{\delta^o}{\delta^{2T}}\right)}{\left(\frac{\delta^o}{\delta^{1T}}\right)} = \frac{TM^{2T \rightarrow o}}{TM^{1T \rightarrow o}} \quad (2.15)$$

where  $\delta^o$ ,  $\delta^{1T}$  and  $\delta^{2T}$  refer to the marginal disutility of the travel time when the connectivity to ICTs is optimal, characterized by 1 and by 2 connectivity troubles respectively;  $TM^{2T \rightarrow o}$  and  $TM^{1T \rightarrow o}$  are the time multipliers for the two latter situations (see Table 2.10).

Computing these alternative time multipliers slightly changes the picture (Table 2.11): Improvements in connectivity to ICTs in PT are still valued by individuals, but to a reduced extent. In fact, the  $VOTTS$  should be decreased by 6% in the case travelers would move from 2 connectivity troubles to none.

This important difference with results of Table 2.10 merely comes from the fact that individuals confronted to any connectivity problem in the reference, current situation nonetheless put a non-negligible value on the hypothetical, optimal state of nature (their  $TM_i$  is equal to 0.87). Table 2.11 also shows time multipliers associated with decreases in the degree of connectivity to ICTs. In the case travelers would face more problems when trying to use their smart phones or their tabs in Paris region PT, the *VOTTS* should be increased by 2-6%. Latter results constitute original outcomes of this study.

**Table 2.11 – Alternative time multipliers**

<i>Moving from:</i>				
		<b>0 trouble</b>	<b>1 trouble</b>	<b>2 troubles</b>
<i>To:</i>	<b>0 trouble</b>	1.00	0.98	0.94
	<b>1 trouble</b>	1.02	1.00	0.96
	<b>2 troubles</b>	1.06	1.04	1.00
<i>Moving from:</i>				
		<b>0-3 tasks</b>	<b>4-6 tasks</b>	<b>7-10 tasks</b>
<i>To:</i>	<b>0-3 tasks</b>	1.00	1.06	1.11
	<b>4-6 tasks</b>	0.94	1.00	1.05
	<b>7-10 tasks</b>	0.90	0.95	1.00

Source: authors’ calculations from Table 2.10.

Following the same principle, we can propose valuation parameters when individuals perform more or less tasks during their trips with connected devices. Although not properly investigated in this research, explanatory estimates presented in the Appendix 6.3 indeed suggest that the degree of travelers’ TBMT positively depends on the quality of phone or internet networks in PT. Put differently, any investment that improves the degree of connectivity to ICTs could enhance individuals using their devices more intensively, for recreational or professional purposes. In such a case, the increased diversity in travel time usage would imply utility gains that can be approximated with a decrease in the benchmark *VOTTS* of 5-10%.

**2.5 Discussions**

**2.5.1 Comparison with other valuation parameters**

By analyzing the stated preferences of 501 individuals living in the Paris region, we have empirically demonstrated that improvements in the connectivity to ICTs in PT may induce non-negligible utility benefits. To which extent are the times multipliers proposed in Tables 2.10 and 2.11 consistent with past findings from the literature?

Even if they are not readily comparable (due to differences in the input data, in the considered variables and/or in the empirical methodology), our results share many similarities with those mentioned in Section 2.2. Indeed, as Banerjee et Kanafani (2008) or Varghese et Jana (2018), our results show first that a better connectivity is linked with a decrease in the *VOTTS*, by 6-16% in our case study. We also show, as Malokin, Circella et Mokhtarian (2017), that this reduction is driven by the degree of traveler’s “polychronicity” (which is the attitude with regard to TBMT), and potentially



by their age. Indeed, our results illustrate that ultra-connected travelers, whose an average age is 32 years old (and with 66% of millennials), are associated with the most important decline in the *VOTTS* (-19%) when connectivity to ICTs is optimal. Regarding the low-connected group, with an average age of 46 years old and 19% of millennials, it is associated with the least important reduction of the *VOTTS*, about -11%. All in all, we consider our results as valid with respect to past empirical findings.

In a comparative perspective, it may also be relevant to contrast our valuation parameters with those found for other qualitative attributes of PT in the Paris region. Using the utility coefficients proposed by Kroes et al. (2006), one can estimate that time multipliers linked to regional trains' punctuality range from 6 to 10, the largest losses characterizing non-commute trips that suffer one 10 minutes delay with a high probability. Even if these results must be considered cautiously<sup>19</sup>, users' benefits arisen from an optimal connectivity to ICTs in PT consequently appear minor as compared to those induced by a policy that would increase the reliability of regional rail in the Paris area. The gap is less pronounced when looking at crowding valuations. Regarding this dimension of travel, Kroes et al. (2006) and Haywood and Koning (2015) report similar results for subway: Time multipliers reach 1.5-1.6 when in-vehicle density is maximal (6 pax/m<sup>2</sup> or more), as compared to a reference situation where travelers can be seated. Looking at incremental changes, Haywood and Koning (2015) show that adding 1 passenger per square meter in carriages corresponds to one increase in the time multiplier of 0.11. Put differently, the adjustment in the benchmark *VOTTS* used to account for the utility effects of congestion in Paris region PT is not very different from the one that can be considered to assess users' benefits linked to an improved connectivity to ICTs, as we now demonstrate.

### 2.5.2 Socioeconomic appraisal

The Paris region PT operator (RATP) is planning to deploy the 4G wireless technology over its railway network at the 2019 horizon, with the help of the regional PT regulator and of phone/internet service providers (see Footnote 5). Even if the purpose of this research is not to propose a complete costs-benefits analysis, it is tempting to mobilize our empirical results to question the socioeconomic relevancy of this investment program (whose public spending share reaches 400M euros<sup>20</sup>).

We postulate that the 4G technology will reduce the number of connectivity disturbances faced by travelers who try to use smart phones or tabs in Paris subway. Somehow discretionarily but in a conservative approach, we assume that individuals who stated 2 connectivity troubles during the survey (53% of the sample) will encounter only one problem once the 4G network deployed; those who stated 1 connectivity trouble (29%) will have no problem anymore; and those people who were initially not disturbed (18%) will be un-impacted by the policy. For the sake of simplicity, we also

---

<sup>19</sup> Results by Kroes et al. (2006) were rearranged in order to be expressed as time multipliers. For non-commute trips, the disutility generated by a 10 minutes delay when 7 trains out of 20 are delayed is equivalent to 37.2 in-vehicle minutes. In other terms, the average delay of 3.5 minutes ( $=10*7/20$ ) has the same utility cost than 37.2 in-vehicle minutes, hence the time multiplier of 10.6 ( $=37.2/3.5$ ). It is worth noting that punctuality values implied by Kroes et al. (2006)'s results are clearly larger than those reviewed in OECD ITF (2014).

<sup>20</sup> This 400M euros figure only accounts for public investments in antennas near the railway or subway tracks. Private firms that will deliver the 4G technology to customers additionally support (unknown) expenditures in order to connect their own network to these antennas.

suppose that the total amount of time daily spent in Paris subway in 2017 (958,000 hours) is distributed as the share of connectivity troubles observed within our sample<sup>21</sup>.

In order to estimate users' benefits linked to an improved connectivity to ICTs in PT, we start from the official *VOTTS* of 11.8 euros/hour implied by French guidelines (CGSP, 2013) for travelers in the Paris region in 2017. We then cross the total amount of time spent in different travel conditions with the time multipliers accounting for incremental changes in the connectivity level (see Table 2.11):

$$UB = 958000 \times 11.8 \times (0.53 \times (1 - 0.96) + 0.29 \times (1 - 0.98)) = 305219 \text{ euros/day} \quad (2.16)$$

Considering 260 working days per year, we find an aggregate decrease in generalized costs incurred to Paris subway users equivalent to 79.4 M euros. In addition, one can calculate that the Net Present Value of the 400M euros invested by public authorities will be positive after 6 years, considering a social discount rate officially fixed in France at 4.5% (CGSP, 2013). Recognizing that previous estimates are likely conservative<sup>22</sup>, we can therefore conclude that deploying the 4G technology in Paris subway is a very good deal from a socioeconomic perspective. Above all, these simple calculations illustrate perfectly the operational advantages of our empirical findings.

### 2.5.3 Caveats and further research

This research does not claim to be the last word on the valuation of the connectivity to ICTs in Paris region PT, in relation with TBMT. Limitations in the survey data or in the modeling framework call for further research. Moreover, several results open the door for wider theoretical considerations.

A first issue concerns the future marketing strategies of the Paris region PT operator (RATP) and of phone or internet service providers once the 4G technology deployed over the regional transport network. Whereas improving the degree of connectivity to ICTs in PT is today feasible from a technical point of view, it remains to be imagined how to organize this new market. Providing travelers with a good access to the 4G technology may be considered as a public service that should not be priced. But it could also be possible, in a "premium service approach", to restrict the free-connectivity after a given time period and then to charge a specific fee as often done in airports. Since our contingent experiment

---

<sup>21</sup> The 958,000 hours figure is found by considering one total subway traffic of 7,817M pkm in 2017 (OMNIL, 2018) and by applying the same calculation rule than in Footnote 4. Importantly, assuming that the daily travel time in subway is distributed as the number of connectivity troubles probably leads to conservative estimates. In fact, exploratory regressions in the Appendix 6.3 highlight one positive relationship between the travel time spent in PT services and the number of connectivity problems.

<sup>22</sup> These subway users' benefits are probably underestimated, for several reasons. First, travelers who currently face more connectivity troubles may spend more time in subway. Second, benefits linked to the 4G technology will also concern other PT modes. Third, we have considered a fixed subway patronage whereas it is growing over years (OMNIL, 2018). Fourth, an improved connectivity to ICTs may lead to an increased number of tasks performed with smart phones and tabs during the trips, which could generate additional gains. Fifth, PT users who stated a lack of connectivity trouble during the survey could nevertheless value improvements in the connectivity to ICTs. As an alternative estimate, we assume that the 4G technology corresponds to the optimal connectivity scenario, thus considering the average time multiplier of 0.84 (Table 2.10). In that (optimistic) case, subway users' benefits amount to 470M euros per year.

was based on trade-offs between travel times and improvements in the connectivity to ICTs, our results are unfortunately meaningless in this respect. As a consequence, it may be useful to develop a new stated preferences study that additionally considers variations in PT fares, next to hypothetical changes in travel times and in connectivity to ICTs.

A second caveat of this research comes from our working assumption to consider variables linked to connectivity and to TBMT habits as being exogenous. Exploratory estimates in Appendix 6.3 in fact illustrate that complex interdependencies between both travel dimensions may be at stake. Even if additional econometric tests suggest that our valuation parameters are probably not impacted because of colinearity concerns<sup>23</sup>, further research must be conducted to properly understand the main relationships between the quality of connectivity to ICTs in PT, the degree of TBMT and individuals' characteristics. From an empirical point of view, "structural equations modeling" (Eboli et Mazzulla, 2012) or "hybrid-choice model" (Ben-Akiva et al., 2002 ; Bouscasse, 2017) methods may provide highly relevant results for that particular purpose.

The third limit is linked to the scope and to the method of the survey. Indeed, the data analyzed in this article come from a survey administered only to PT travel passes' subscribers in the Paris region. It would be relevant to compare these results with other data from surveys carried out on a wider scope, including personal vehicles' drivers in order to identify the potentials of modal shift linked to the ICTs-based TBMT (and especially the connected ICTs-based TBMT). To do so, we could use one other methodological framework, including the "joint analysis" (Pons, 2011 ; Bouscasse, 2017) where the set of choices proposed to individuals is made of pre-specified and varying alternatives, in terms of different attributes which may contain ICTs-based TBMT attributes, connected or not<sup>24</sup>.

---

<sup>23</sup> We have considered variants of Model (3), Table 2.9, where the number of connectivity troubles and the variety of tasks realized in PT (with or without connected devices) are introduced separately. Whereas the corresponding parameters become larger, we obtain almost similar distributions of predicted  $RRTT_i$ .

<sup>24</sup> This kind of stated preferences survey is currently conducted in the Lille region. The respondents are asked to choose an alternative of transport mode between subway, personal vehicle and car-pooling, recognizing that competing alternatives are characterized by different levels of connectivity and possibilities to realize TBMT with connected devices.

## 3 L'importance de l'usage de son *smartphone* dans son choix modal

Dans un second temps, nous proposons de mener une analyse conjointe qui peut se définir comme « toute méthode de décomposition qui estime la structure des préférences d'un consommateur, étant donné son évaluation globale d'un ensemble d'alternatives pré spécifiées en termes de modalités d'attributs » (Le Gall-Ely et Loïg, 2006).

Cette analyse conjointe, dite en *trade-off*, se traduira par une analyse statistique des résultats d'une enquête sur un échantillon spécifique de 301 participants à une enquête soumis à des arbitrages entre différents modes de transport pour un trajet reliant le centre-ville de Lille au campus de la Cité Scientifique de Villeneuve d'Ascq.

### 3.1 La modélisation

#### 3.1.1 Le modèle *logit* multinomial

Notre démarche s'intéresse aux processus à l'œuvre derrière les prises de décision relatives aux choix des modes de transport, considérés comme mutuellement exclusifs (Thisse et Billot, 1995). Ainsi, nous nous inscrivons dans le champ de l'analyse des choix discrets qui repose notamment sur l'hypothèse de voyageurs dotés d'une rationalité instrumentale – c'est-à-dire capables d'ordonner leurs préférences – choisissant le mode de transport maximisant l'utilité qui leur est procurée.

Du fait de l'existence de certaines limites à la modélisation de cette utilité, liées entre autres à une incomplétude d'informations du modélisateur, mais également à des choix de transport non uniformément rationnels et répétitifs (« la satisfaction qu'un individu dérive d'une action n'est pas invariante mais dépend de son état d'esprit à l'instant où il décide » (Thisse et Billot, 1995)), les analyses des choix discrets font l'hypothèse d'une rationalité instrumentale imparfaite des voyageurs qui réalisent ainsi leurs choix de transport à l'aune d'un programme de maximisation d'une utilité aléatoire additive, se décomposant en une part déterministe et en une part aléatoire.

Dans ce cadre, l'enjeu des modèles de choix discrets (MCD) est de déterminer, lors de l'étape de spécification, les variables prises en compte dans le part déterministe de l'utilité (c'est dans ce cadre que nous introduirons l'usage des *smartphones*) et de mobiliser les modèles statistiques probabilistes dichotomiques ou polytomiques les plus à même d'estimer les coefficients associés à chaque attribut, et ce, selon les hypothèses réalisées sur la distribution de la part aléatoire de l'utilité.

L'utilité aléatoire procurée par un mode de transport  $j \in (1, \dots, J)$  à un individu  $n \in (1, \dots, N)$  peut s'écrire de la manière suivante (Ben-Akiva et Lerman, 1985) :

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad (3.1)$$

avec

$V_{nj}$  = la composante déterministe de l'utilité

$\varepsilon_{nj}$  = la composante aléatoire de l'utilité

En fonction des hypothèses formulées sur la distribution du terme aléatoire  $\varepsilon_{nj}$ , différents modèles de choix discrets peuvent être mobilisés (*logit* binomial, *probit*, *logit* multinomial, *nested logit*...). Dans chacun des cas, la probabilité  $P_{nj}$  qu'un individu  $n$  choisisse une alternative  $j$  est la probabilité que cette alternative maximise l'utilité procurée à l'individu  $n$ .

Dans le cas où l'univers de choix  $J$  est composé de plus de deux alternatives, nous nous plaçons dans la famille des modèles multinomiaux. Dans le cas multinomial particulier où  $J = 3 = \{h, i, j\}$ , la probabilité  $P_{nh}$  que l'individu  $n$  choisisse l'alternative  $h$  peut s'écrire (Pons, 2011) :

$$\begin{aligned} P_{nh} &= P(U_{nh} > U_{ni} \text{ et } U_{nh} > U_{nj}) \quad \forall h, i, j \in J & (3.2) \\ P_{nh} &= P(V_{nh} + \varepsilon_{nh} > V_{ni} + \varepsilon_{ni} \text{ et } V_{nh} + \varepsilon_{nh} > V_{nj} + \varepsilon_{nj}) \quad \forall h, i, j \in J \\ P_{nh} &= P(V_{nh} - V_{ni} \geq \varepsilon_{ni} - \varepsilon_{nh} \text{ et } V_{nh} - V_{nj} \geq \varepsilon_{nj} - \varepsilon_{nh}) \quad \forall h, i, j \in J \end{aligned}$$

Parmi les modèles de choix discret, le modèle *logit* multinomial permet d'écrire – faisant les hypothèses d'une distribution logistique de la partie aléatoire de l'utilité, d'une indépendance de cette partie aléatoire de l'utilité entre les alternatives (IID) et d'une indépendance des alternatives non pertinentes (IIA) – la probabilité  $P_{nh}$  de la façon suivante (Mc Fadden, 1974) :

$$P_{nh} = \frac{e^{V_{nh}}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{nj}}} \quad (3.3)$$

La résolution du modèle passe ensuite par sa spécification, c'est-à-dire la détermination de la forme fonctionnelle de la fonction d'utilité<sup>25</sup> et par l'estimation des paramètres associés à chaque attribut, en général par la recherche du maximum de la fonction de vraisemblance notée  $L^*$  ou de son logarithme noté  $L$ .

### 3.1.2 Le modèle hybride à variables latentes

Parfois, dans le cadre de la spécification de la forme fonctionnelle de l'utilité, il est possible de faire l'hypothèse de l'existence d'un attribut inobservable, appelé variable latente. Dans ce cas, il est possible de faire appel à des modèles de choix hybrides (Ben-Akiva et al., 2002 ; Bouscasse, 2017) qui associent à des modèles de choix discrets (MCD) classiques un modèle d'équations structurelles (MES) permettant d'associer une valeur à cette variable latente à partir d'un ensemble d'« indicateurs » liant des variables connues et approximant la variable latente à cette dernière, en fonction des caractéristiques socio-économiques de chaque individu.

Ces modèles hybrides sont constitués d'un système de 4 équations décomposé d'abord en une équation structurelle (équation 3.4) du MCD et son équation de mesure (équation 3.5), et ensuite en une équation structurelle du MES (équation 3.6) et son équation de mesure (équation 3.7), tel que (Bouscasse, 2017) :

<sup>25</sup> Dit autrement la détermination des différentes variables qui la composent et leurs relations.

$$U_n = \beta X_n + \delta \xi_n + \varepsilon_n \quad (3.4)$$

$$c_{nj} = \begin{cases} 1 & \text{si } U_{nj} \geq U_{ni} \quad \forall i \in (1, \dots, J) \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\xi_n = \gamma X_n + \eta_n \quad (3.6)$$

$$z_n^* = \theta \xi_n + v_n \quad (3.7)$$

avec

$U_n$  = un vecteur de fonctions d'utilité des  $J$  alternatives

$X_n$  = un vecteur de variables explicatives observables

$\xi_n$  = une variable latente

$c_{nj}$  = le choix de l'individu  $n$  concernant l'alternative  $j$

$z_n^*$  = un vecteur d'indicateurs utilisés pour mesurer la variable latente  $\xi_n$

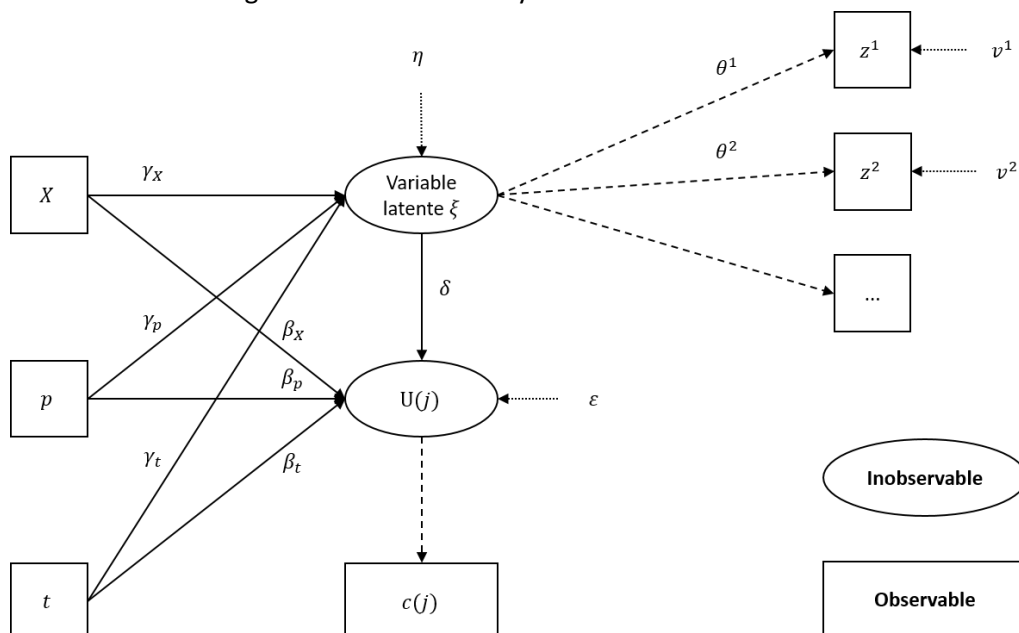
$\beta, \gamma$  et  $\theta$  = un vecteur de paramètres à estimer

$\delta$  = le paramètre de la variable latente  $\xi_n$  à estimer

$\varepsilon_n, \eta_n$  et  $v_n$  = des parts aléatoires (termes d'erreur)

L'articulation entre les différentes composantes d'un modèle hybride à variables latentes peut être présentée de la façon suivante :

Figure 3.1 – Le modèle hybride à variables latentes



Source : réalisation de l'auteur, d'après Ben-Akiva et al. (2002)

### 3.2 Les données empiriques

L'estimation des paramètres est permise par l'application de modèles probabilistes à un ensemble de données empiriques de choix d'individus soumis à différents scénarios de transport pré-spécifiés en termes d'attributs.

Dans notre cas, nous proposons d'interroger les personnels et les étudiants du campus de la Cité Scientifique de l'Université de Lille<sup>26</sup> (ex-Université de Lille 1) sur leurs préférences entre trois modes, un TC particulier, le métro<sup>27</sup>, un VP en tant que conducteur (voiture) et un VP en tant que passager (covoiturage), pour un trajet théorique entre le centre-ville de Lille et le campus de la Cité Scientifique. Dans notre cas, les scénarios de préférences déclarées ont l'objectif de retranscrire, d'une part, les principaux déterminants d'un choix modal (coût, temps de parcours, etc.), et d'autre part les composantes de l'usage des *smartphones* (appréhendé de manière mesurable et de manière latente).

### 3.2.1 Le design de l'enquête

#### 3.2.1.1 Le plan factoriel complet

Dans le cas d'une analyse conjointe, l'étape la plus importante est relative à la construction de l'enquête, autrement dit son *design*, dont les modalités doivent être contrôlées du fait de leur forte influence sur les résultats de l'enquête. Globalement, la construction d'une enquête d'analyse conjointe peut se décomposer en cinq étapes (Pons, 2011) :

- Le choix des attributs, qui peuvent être aussi bien qualitatifs que quantitatifs mais qui ne doivent pas être trop nombreux (quatre étant souvent considéré comme un nombre optimal d'attributs).
- Le choix des niveaux des différents attributs, qui peuvent également être explicités de manière quantitative ou qualitative, permettant la construction du plan factoriel de l'enquête.
- La création des différents scénarios, définis à partir du plan factoriel de l'enquête.
- La création des différents *trade-off*, ou arbitrages, qui consistent en différentes combinaisons de scénarios issus du plan factoriel. Pour ce faire, différentes méthodes peuvent être mobilisées : combinaison aléatoire, combinaison par croisement, tirage aléatoire contrôlé, et enfin génération simultanée.
- La sélection des *trade-off* et leur répartition au sein de l'échantillon.

Le plan factoriel complet (PFC) d'une enquête à trois attributs  $a, b, c$  caractérisés par  $A, B, C$  modalités, se calcule de la manière suivante :

$$A^{n(A)} * B^{n(B)} * C^{n(C)} \quad (3.8)$$

avec  $n(A), n(B), n(C)$ , le nombre d'attributs à  $A, B, C$  modalités

Nous avons d'abord fait le choix de décrire nos trois alternatives de transport (« métro », « voiture », « covoiturage ») par différents attributs « classiques » :

- Un attribut de prix.
- Un attribut de durée.
- Un attribut de fiabilité, définissant un risque de retard défini en nombre de minutes.

---

<sup>26</sup> Environ 23 000 individus dont 85% d'étudiants.

<sup>27</sup> Ce TC permet actuellement de rejoindre le centre-ville de Lille à partir du campus de la Cité Scientifique.

Nous basant sur différents autres travaux (Pons, 2011 ; Bouscasse, 2017), nous avons fait le choix (pour les attributs de prix et de durée) de privilégier des variations proportionnelles (méthode dite du « pivot ») appliquées à un niveau moyen des attributs de chaque alternative.

Afin de définir le niveau moyen de durée de la voiture personnelle (en tant que conducteur et de passager), nous nous sommes référés aux différents simulateurs en ligne, à partir desquels nous avons défini une moyenne de 15 minutes pour rejoindre, dans des conditions normales de trafic le campus de la Cité Scientifique à partir du centre-ville de Lille<sup>28</sup>.

Pour définir le niveau moyen de prix de la voiture (en tant que chauffeur), nous nous sommes d'abord référés au barème kilométrique définis par la Direction Générale des Finances Publiques.

Table 3.2 – Barème kilométrique

Nombre de chevaux fiscaux (CV)	Prix au km
3	0,41 €
4	0,49 €
5	0,54 €
6	0,57 €
7	0,60 €

Source : Impot.gouv.fr

Ce barème, prenant en compte un coût réel (amortissement et dépréciation), s'est révélé trop élevé pour notre exercice car représentant difficilement le coût ressenti par un voyageur faisant le choix de privilégier sa voiture. Afin de nous rapprocher du coût ressenti par un voyageur choisissant sa voiture personnelle (prix à la pompe et éventuels péages), nous nous sommes référés à différents simulateurs de trajets en ligne, dont le site [viamichelin.fr](http://viamichelin.fr) qui, dans le cas d'une citadine essence et d'un tarif à la pompe de 1,36 € / L<sup>29</sup>, permettait de simuler un prix unitaire de 1,50 € pour un trajet de 9,5 km.

Pour le cas du covoiturage, nous nous sommes référés aux différents sites de covoiturage urbains actifs dans la métropole de Lille et notamment le récent service [microstop.org](http://microstop.org). Les barèmes de ce service sont les suivants : participation minimum de 0,50 € puis 0,50 € supplémentaire tous les 5 km réalisés. Dans ce cas, le trajet de 9,5 km permettant de rejoindre le campus de la Cité Scientifique à partir du centre-ville de Lille a également pu être estimé à 1,50 €.

Concernant le métro, nous avons basé notre estimation sur les données publiques de Transpole, l'opérateur de TC de la Métropole Européenne de Lille (MEL). L'opérateur annonce, pour un trajet reliant la place de la République (centre-ville de Lille) au campus de la Cité Scientifique, un trajet de 15 minutes auxquels il est nécessaire de rajouter 6 minutes pour rejoindre LILLIAD.

Concernant le prix unitaire de ce trajet, il est possible de trouver certaines données relatives à la répartition des trajets sur le site *d'open-data* de la MEL. Ainsi, entre le 1<sup>er</sup> janvier 2014 et le 1<sup>er</sup>

---

<sup>28</sup> Dans notre cas, nous avons choisi comme lieux de départ et d'arrivée le place de la République (centre-ville de Lille) et le *learning center innovation* LILLIAD (campus de la Cité Scientifique).

<sup>29</sup> Moyenne du tarif à la pompe en avril 2018, date de construction de notre enquête.



décembre 2016, il est possible de déterminer une moyenne de 1 434 553 titres occasionnels et 169 346 abonnements achetés par mois. Sous l’hypothèse d’un abonnement permettant de réaliser en moyenne 2 trajets par jour ouvré, il est possible de normaliser l’achat d’un abonnement en titre occasionnel en multipliant le nombre d’achats d’abonnements mensuels par 40. Le nombre total d’abonnements normalisés par mois est ainsi de 773 853 abonnements. Sous cette hypothèse, les titres occasionnels représentent 18% des trajets totaux permis par ces derniers et par les abonnements. En avril 2018, un titre occasionnel de transport coûtait en moyenne 1,36 € (le plus cher coûtant 1,60 € et le moins cher, c’est-à-dire avec achat de 10 carnets et avec réduction jeunes, coûtant 1,12 €). Pour sa part, l’abonnement coûtait en avril 2018 en moyenne 26,25 € au voyageur, car 56 € au prix fort (et sous l’hypothèse d’une prise en charge de 50% par l’employeur) ou - 50% dans le cas de réduction jeunes ou personnes âgées. Sous l’hypothèse de 2 trajets par jour ouvré réalisés avec un abonnement, le prix unitaire d’un trajet dans le cas de l’achat d’un abonnement est de 0,66 €. Ainsi, le prix unitaire moyen d’un trajet en métro peut être estimé à partir de la formule suivante :

$$(66 * 0,82) + (1,36 * 0,18) = 0,74 \text{ €} \quad (3.9)$$

Concernant les variations proportionnelles des modalités de ces attributs, nous avons fait le choix de nous baser sur celles proposées par les différents travaux existants (Pons, 2011 ; Bouscasse, 2017). Ainsi, nous proposons ici les variations (c’est-à-dire les niveaux d’attributs) suivantes :

Table 3.3 – Niveaux des attributs « classiques »

<b>Attributs</b>	<b>Modalité 1</b>	<b>Modalité 2</b>	<b>Modalité 3</b>
<b>Prix</b>	70 %	100 %	130 %
<b>Durée</b>	70 %	100 %	130 %
<b>Fiabilité</b>	0 min.	5 min.	15 min.

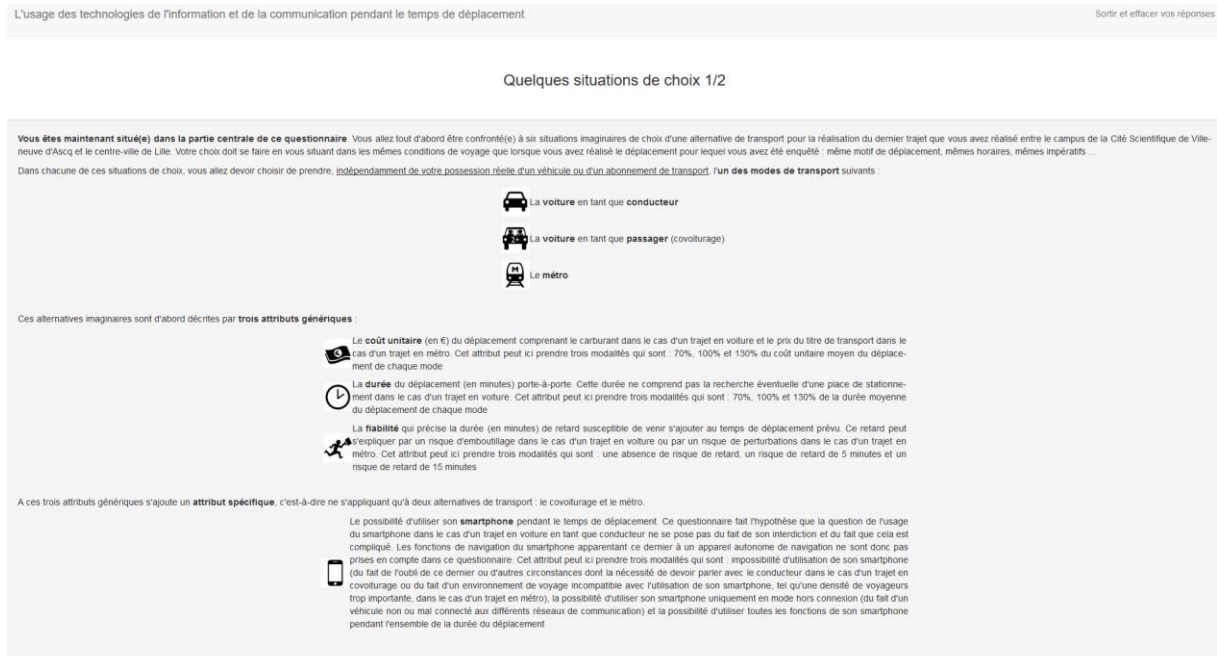
Source : réalisation de l’auteur

Concernant l’attribut relatif aux possibilité d’usage du *smartphone* pendant le temps de déplacement, nous avons fait le choix de diviser la partie de notre enquête relative à l’analyse conjointe en deux sous enquêtes, l’une considérant cet attribut comme un attribut mesurable, l’une le considérant comme une variable inobservable.

Dans un premier temps, nous avons choisi de considérer l’usage du *smartphone* permis par une alternative de transport comme une variable qu’il est possible d’évaluer. A la manière d’autres travaux (Adjenughwure, 2017), nous avons fait le choix de proposer différentes situations fictives de transport dans lesquelles son *smartphone* peut être plus ou moins utilisé lors du déplacement. Dans ce cas, cet attribut s’est vu attribuer des modalités discrètes : « impossibilité d'utilisation de son *smartphone* » - du fait de l'oubli de ce dernier ou d'autres circonstances dont la nécessité de devoir parler avec le conducteur dans le cas d'un trajet en covoiturage ou du fait d'un environnement de voyage incompatible avec l'utilisation de son smartphone, tel qu'une densité de voyageurs trop importante, dans le cas d'un trajet en métro -, « possibilité d'utiliser son *smartphone* uniquement en mode hors connexion » - du fait d'un véhicule non ou mal connecté aux différents réseaux de communication - et « possibilité d'utiliser toutes les fonctions de son *smartphone* pendant l'ensemble de la durée du déplacement ».

Nous avons ici fait l'hypothèse d'un attribut d'usage de son *smartphone* ne décrivant que deux alternatives de transport « métro » et « covoiturage ».

Figure 3.2 – La description des attributs dans la première sous-enquête



Source : réalisation de l'auteur

Ainsi, les différentes alternatives proposées aux répondants de la première sous-enquête sont les suivantes :

- Mode =  $a \in A = (\text{voiture} ; \text{covoiturage} ; \text{métro}) = 3$
- Prix =  $b \in B = (0,8 ; 1 ; 1,2) = 3$
- Durée =  $c \in C = (0,8 ; 1 ; 1,2) = 3$
- Fiabilité =  $d \in D = (0 ; 5 ; 15) = 3$
- Smartphone =  $e \in E = (0 ; 1 ; 2) = 3$  (seulement dans le cas des modes « métro » et « covoiturage »)

Dans ces conditions, le PFC de la première sous-enquête correspond à 189 scénarios qui peuvent être décrits dans le Tableau 3.4.

$$PFC_1 = (2^1 * 3^4) + (1^1 * 3^3) = 189 \quad (3.10)$$

Table 3.4 – Plan factoriel complet de la première sous-enquête

Scénarios	Mode	Prix	Durée	Fiabilité	Smartphone
1	Métro	70	70	0	Non
2	Métro	100	70	0	Non
3	Métro	130	70	0	Non
4	Métro	70	100	0	Non
5	Métro	100	100	0	Non

<b>6</b>	Métro	130	100	0	Non
<b>7</b>	Métro	70	130	0	Non
<b>8</b>	Métro	100	130	0	Non
<b>9</b>	Métro	130	130	0	Non
<b>10</b>	Métro	70	70	5	Non
<b>11</b>	Métro	100	70	5	Non
<b>12</b>	Métro	130	70	5	Non
<b>13</b>	Métro	70	100	5	Non
<b>14</b>	Métro	100	100	5	Non
<b>15</b>	Métro	130	100	5	Non
<b>16</b>	Métro	70	130	5	Non
<b>17</b>	Métro	100	130	5	Non
<b>18</b>	Métro	130	130	5	Non
<b>19</b>	Métro	70	70	15	Non
<b>20</b>	Métro	100	70	15	Non
<b>21</b>	Métro	130	70	15	Non
<b>22</b>	Métro	70	100	15	Non
<b>23</b>	Métro	100	100	15	Non
<b>24</b>	Métro	130	100	15	Non
<b>25</b>	Métro	70	130	15	Non
<b>26</b>	Métro	100	130	15	Non
<b>27</b>	Métro	130	130	15	Non
<b>28</b>	Métro	70	70	0	Hors-connexion
<b>29</b>	Métro	100	70	0	Hors-connexion
<b>30</b>	Métro	130	70	0	Hors-connexion
<b>31</b>	Métro	70	100	0	Hors-connexion
<b>32</b>	Métro	100	100	0	Hors-connexion
<b>33</b>	Métro	130	100	0	Hors-connexion
<b>34</b>	Métro	70	130	0	Hors-connexion
<b>35</b>	Métro	100	130	0	Hors-connexion
<b>36</b>	Métro	130	130	0	Hors-connexion
<b>37</b>	Métro	70	70	5	Hors-connexion
<b>38</b>	Métro	100	70	5	Hors-connexion
<b>39</b>	Métro	130	70	5	Hors-connexion
<b>40</b>	Métro	70	100	5	Hors-connexion
<b>41</b>	Métro	100	100	5	Hors-connexion
<b>42</b>	Métro	130	100	5	Hors-connexion
<b>43</b>	Métro	70	130	5	Hors-connexion
<b>44</b>	Métro	100	130	5	Hors-connexion
<b>45</b>	Métro	130	130	5	Hors-connexion
<b>46</b>	Métro	70	70	15	Hors-connexion
<b>47</b>	Métro	100	70	15	Hors-connexion
<b>48</b>	Métro	130	70	15	Hors-connexion

49	Métro	70	100	15	Hors-connexion
50	Métro	100	100	15	Hors-connexion
51	Métro	130	100	15	Hors-connexion
52	Métro	70	130	15	Hors-connexion
53	Métro	100	130	15	Hors-connexion
54	Métro	130	130	15	Hors-connexion
55	Métro	70	70	0	Oui
56	Métro	100	70	0	Oui
57	Métro	130	70	0	Oui
58	Métro	70	100	0	Oui
59	Métro	100	100	0	Oui
60	Métro	130	100	0	Oui
61	Métro	70	130	0	Oui
62	Métro	100	130	0	Oui
63	Métro	130	130	0	Oui
64	Métro	70	70	5	Oui
65	Métro	100	70	5	Oui
66	Métro	130	70	5	Oui
67	Métro	70	100	5	Oui
68	Métro	100	100	5	Oui
69	Métro	130	100	5	Oui
70	Métro	70	130	5	Oui
71	Métro	100	130	5	Oui
72	Métro	130	130	5	Oui
73	Métro	70	70	15	Oui
74	Métro	100	70	15	Oui
75	Métro	130	70	15	Oui
76	Métro	70	100	15	Oui
77	Métro	100	100	15	Oui
78	Métro	130	100	15	Oui
79	Métro	70	130	15	Oui
80	Métro	100	130	15	Oui
81	Métro	130	130	15	Oui
82	Covoiturage	70	70	0	Non
83	Covoiturage	100	70	0	Non
84	Covoiturage	130	70	0	Non
85	Covoiturage	70	100	0	Non
86	Covoiturage	100	100	0	Non
87	Covoiturage	130	100	0	Non
88	Covoiturage	70	130	0	Non
89	Covoiturage	100	130	0	Non
90	Covoiturage	130	130	0	Non
91	Covoiturage	70	70	5	Non

<b>92</b>	Covoiturage	100	70	5	Non
<b>93</b>	Covoiturage	130	70	5	Non
<b>94</b>	Covoiturage	70	100	5	Non
<b>95</b>	Covoiturage	100	100	5	Non
<b>96</b>	Covoiturage	130	100	5	Non
<b>97</b>	Covoiturage	70	130	5	Non
<b>98</b>	Covoiturage	100	130	5	Non
<b>99</b>	Covoiturage	130	130	5	Non
<b>100</b>	Covoiturage	70	70	15	Non
<b>101</b>	Covoiturage	100	70	15	Non
<b>102</b>	Covoiturage	130	70	15	Non
<b>103</b>	Covoiturage	70	100	15	Non
<b>104</b>	Covoiturage	100	100	15	Non
<b>105</b>	Covoiturage	130	100	15	Non
<b>106</b>	Covoiturage	70	130	15	Non
<b>107</b>	Covoiturage	100	130	15	Non
<b>108</b>	Covoiturage	130	130	15	Non
<b>109</b>	Covoiturage	70	70	0	Hors-connexion
<b>110</b>	Covoiturage	100	70	0	Hors-connexion
<b>111</b>	Covoiturage	130	70	0	Hors-connexion
<b>112</b>	Covoiturage	70	100	0	Hors-connexion
<b>113</b>	Covoiturage	100	100	0	Hors-connexion
<b>114</b>	Covoiturage	130	100	0	Hors-connexion
<b>115</b>	Covoiturage	70	130	0	Hors-connexion
<b>116</b>	Covoiturage	100	130	0	Hors-connexion
<b>117</b>	Covoiturage	130	130	0	Hors-connexion
<b>118</b>	Covoiturage	70	70	5	Hors-connexion
<b>119</b>	Covoiturage	100	70	5	Hors-connexion
<b>120</b>	Covoiturage	130	70	5	Hors-connexion
<b>121</b>	Covoiturage	70	100	5	Hors-connexion
<b>122</b>	Covoiturage	100	100	5	Hors-connexion
<b>123</b>	Covoiturage	130	100	5	Hors-connexion
<b>124</b>	Covoiturage	70	130	5	Hors-connexion
<b>125</b>	Covoiturage	100	130	5	Hors-connexion
<b>126</b>	Covoiturage	130	130	5	Hors-connexion
<b>127</b>	Covoiturage	70	70	15	Hors-connexion
<b>128</b>	Covoiturage	100	70	15	Hors-connexion
<b>129</b>	Covoiturage	130	70	15	Hors-connexion
<b>130</b>	Covoiturage	70	100	15	Hors-connexion
<b>131</b>	Covoiturage	100	100	15	Hors-connexion
<b>132</b>	Covoiturage	130	100	15	Hors-connexion
<b>133</b>	Covoiturage	70	130	15	Hors-connexion
<b>134</b>	Covoiturage	100	130	15	Hors-connexion

<b>135</b>	Covoiturage	130	130	15	Hors-connexion
<b>136</b>	Covoiturage	70	70	0	Oui
<b>137</b>	Covoiturage	100	70	0	Oui
<b>138</b>	Covoiturage	130	70	0	Oui
<b>139</b>	Covoiturage	70	100	0	Oui
<b>140</b>	Covoiturage	100	100	0	Oui
<b>141</b>	Covoiturage	130	100	0	Oui
<b>142</b>	Covoiturage	70	130	0	Oui
<b>143</b>	Covoiturage	100	130	0	Oui
<b>144</b>	Covoiturage	130	130	0	Oui
<b>145</b>	Covoiturage	70	70	5	Oui
<b>146</b>	Covoiturage	100	70	5	Oui
<b>147</b>	Covoiturage	130	70	5	Oui
<b>148</b>	Covoiturage	70	100	5	Oui
<b>149</b>	Covoiturage	100	100	5	Oui
<b>150</b>	Covoiturage	130	100	5	Oui
<b>151</b>	Covoiturage	70	130	5	Oui
<b>152</b>	Covoiturage	100	130	5	Oui
<b>153</b>	Covoiturage	130	130	5	Oui
<b>154</b>	Covoiturage	70	70	15	Oui
<b>155</b>	Covoiturage	100	70	15	Oui
<b>156</b>	Covoiturage	130	70	15	Oui
<b>157</b>	Covoiturage	70	100	15	Oui
<b>158</b>	Covoiturage	100	100	15	Oui
<b>159</b>	Covoiturage	130	100	15	Oui
<b>160</b>	Covoiturage	70	130	15	Oui
<b>161</b>	Covoiturage	100	130	15	Oui
<b>162</b>	Covoiturage	130	130	15	Oui
<b>163</b>	Voiture	70	70	0	NA
<b>164</b>	Voiture	100	70	0	NA
<b>165</b>	Voiture	130	70	0	NA
<b>166</b>	Voiture	70	100	0	NA
<b>167</b>	Voiture	100	100	0	NA
<b>168</b>	Voiture	130	100	0	NA
<b>169</b>	Voiture	70	130	0	NA
<b>170</b>	Voiture	100	130	0	NA
<b>171</b>	Voiture	130	130	0	NA
<b>172</b>	Voiture	70	70	5	NA
<b>173</b>	Voiture	100	70	5	NA
<b>174</b>	Voiture	130	70	5	NA
<b>175</b>	Voiture	70	100	5	NA
<b>176</b>	Voiture	100	100	5	NA
<b>177</b>	Voiture	130	100	5	NA

178	Voiture	70	130	5	NA
179	Voiture	100	130	5	NA
180	Voiture	130	130	5	NA
181	Voiture	70	70	15	NA
182	Voiture	100	70	15	NA
183	Voiture	130	70	15	NA
184	Voiture	70	100	15	NA
185	Voiture	100	100	15	NA
186	Voiture	130	100	15	NA
187	Voiture	70	130	15	NA
188	Voiture	100	130	15	NA
189	Voiture	130	130	15	NA

Source : réalisation de l'auteur

Dans un second temps, nous avons fait le choix de considérer, dans le cas d'une deuxième sous-enquête, l'usage possible de son *smartphone* durant l'activité de déplacement comme une variable latente, c'est-à-dire non mesurable directement mais approximable à travers deux variables discrètes de connexion et de confort. Nous avons décrit l'attribut « connexion » à travers deux modalités « connecté » et « non connecté », ne décrivant que les alternatives « métro » et « covoiturage ». L'attribut « confort » fait ici référence à la garantie de trouver une place pendant le temps de déplacement et prend deux modalités « oui » et « non ». Cet attribut ne pouvant s'appliquer au cas du covoiturage ou de la voiture, nous avons fait le choix de ne l'insérer que dans la modélisation de l'alternative « métro ».




Figure 3.3 – La description des attributs dans la deuxième sous-enquête

L'usage des technologies de l'information et de la communication pendant le temps de déplacement Sortir et effacer vos réponses




Quelques situations de choix 2/2

Dans un second temps, vous allez être confronté(e) à six nouvelles situations imaginaires de choix d'une alternative de transport pour la réalisation du dernier trajet que vous avez réalisé entre le campus de la Cité Scientifique de Villeneuve d'Ascq et le centre-ville de Lille. Votre choix doit se faire en vous situant dans les mêmes conditions de voyage que lorsque vous avez réalisé le déplacement pour lequel vous avez été enquêté : même motif de déplacement, mêmes horaires, mêmes impératifs.


Dans chacune de ces situations de choix, vous allez encore une fois devoir choisir de prendre, indépendamment de votre possession réelle d'un véhicule ou d'un abonnement de transport, l'un des modes de transport suivants :

-  La voiture en tant que conducteur
-  La voiture en tant que passager (covoiturage)
-  Le métro


Ces alternatives imaginaires sont d'abord décrites par trois attributs génériques :

-  **Le coût unitaire** (en €) du déplacement comprenant le carburant dans le cas d'un trajet en voiture et le prix du titre de transport dans le cas d'un trajet en métro. Cet attribut peut ici prendre trois modalités qui sont : 70%, 100% et 130% du coût unitaire moyen du déplacement de chaque mode.
-  **La durée** du déplacement (en minutes) porte-à-porte. Cette durée ne comprend pas la recherche éventuelle d'une place de stationnement dans le cas d'un trajet en voiture. Cet attribut peut ici prendre trois modalités qui sont : 70%, 100% et 130% de la durée moyenne du déplacement de chaque mode.
-  **La fiabilité** qui précise la durée (en minutes) de retard susceptible de venir s'ajouter au temps de déplacement prévu. Ce retard peut s'expliquer par un risque d'embouteillage dans le cas d'un trajet en voiture ou par un risque de perturbations dans le cas d'un trajet en métro. Cet attribut peut ici prendre trois modalités qui sont : une absence de risque de retard, un risque de retard de 5 minutes et un risque de retard de 15 minutes.

A ce trois attributs génériques s'ajoute un attribut spécifique ne s'appliquant qu'à deux alternatives de transport : le covoiturage et le métro.

-  **La connexion** du véhicule de transport aux différents réseaux de communication. Cet attribut peut prendre deux modalités : non (c'est-à-dire non connecté ou connecté pendant une partie seulement de la durée du déplacement) et oui (c'est-à-dire connecté aux différents réseaux 2G et 3G pendant l'ensemble de la durée de déplacement).

A ces quatre attributs s'ajoute un deuxième attribut spécifique ne s'appliquant qu'à une seule alternative de transport : le métro.

-  **La garantie** de trouver une place assise. Cet attribut peut prendre deux modalités : non et oui.

Pour modifier vos réponses, cliquez sur le bouton "Modifier" à côté de la situation de choix que vous souhaitez modifier.

Source : réalisation de l'auteur

Ainsi, les différentes alternatives proposées aux répondants de la deuxième sous-enquête sont les suivantes :

- Mode =  $a \in A = (\text{voiture} ; \text{covoiturage} ; \text{métro}) = 3$
- Prix =  $b \in B = (0,8 ; 1 ; 1,2) = 3$
- Durée =  $c \in C = (0,8 ; 1 ; 1,2) = 3$
- Fiabilité =  $d \in D = (0 ; 5 ; 15) = 3$
- Connexion =  $e \in E = (0 ; 1) = 2$  (seulement dans le cas des modes « métro » et « covoiturage »)
- Confort =  $f \in F = (0 ; 1) = 2$  (seulement dans le cas du mode « métro »)

Dans ces conditions, le PFC de la deuxième sous-enquête correspond à 189 scénarios qui peuvent être décrits dans le Tableau 3.5.

$$PFC_2 = (1^1 * 3^3 * 2^2) + (1^1 * 3^3 * 2^1) + (1^1 * 3^3) = 189 \quad (3.11)$$

Table 3.5 – Plan factoriel complet de la deuxième sous-enquête

Scénarios	Mode	Prix	Durée	Fiabilité	Connexion	Confort
1	Métro	70	70	0	Non	Non
2	Métro	100	70	0	Non	Non
3	Métro	130	70	0	Non	Non
4	Métro	70	100	0	Non	Non
5	Métro	100	100	0	Non	Non
6	Métro	130	100	0	Non	Non
7	Métro	70	130	0	Non	Non
8	Métro	100	130	0	Non	Non
9	Métro	130	130	0	Non	Non
10	Métro	70	70	5	Non	Non
11	Métro	100	70	5	Non	Non
12	Métro	130	70	5	Non	Non
13	Métro	70	100	5	Non	Non
14	Métro	100	100	5	Non	Non
15	Métro	130	100	5	Non	Non
16	Métro	70	130	5	Non	Non
17	Métro	100	130	5	Non	Non
18	Métro	130	130	5	Non	Non
19	Métro	70	70	15	Non	Non
20	Métro	100	70	15	Non	Non
21	Métro	130	70	15	Non	Non
22	Métro	70	100	15	Non	Non
23	Métro	100	100	15	Non	Non
24	Métro	130	100	15	Non	Non
25	Métro	70	130	15	Non	Non
26	Métro	100	130	15	Non	Non
27	Métro	130	130	15	Non	Non



28	Méto	70	70	0	Oui	Non
29	Méto	100	70	0	Oui	Non
30	Méto	130	70	0	Oui	Non
31	Méto	70	100	0	Oui	Non
32	Méto	100	100	0	Oui	Non
33	Méto	130	100	0	Oui	Non
34	Méto	70	130	0	Oui	Non
35	Méto	100	130	0	Oui	Non
36	Méto	130	130	0	Oui	Non
37	Méto	70	70	5	Oui	Non
38	Méto	100	70	5	Oui	Non
39	Méto	130	70	5	Oui	Non
40	Méto	70	100	5	Oui	Non
41	Méto	100	100	5	Oui	Non
42	Méto	130	100	5	Oui	Non
43	Méto	70	130	5	Oui	Non
44	Méto	100	130	5	Oui	Non
45	Méto	130	130	5	Oui	Non
46	Méto	70	70	15	Oui	Non
47	Méto	100	70	15	Oui	Non
48	Méto	130	70	15	Oui	Non
49	Méto	70	100	15	Oui	Non
50	Méto	100	100	15	Oui	Non
51	Méto	130	100	15	Oui	Non
52	Méto	70	130	15	Oui	Non
53	Méto	100	130	15	Oui	Non
54	Méto	130	130	15	Oui	Non
55	Méto	70	70	0	Non	Oui
56	Méto	100	70	0	Non	Oui
57	Méto	130	70	0	Non	Oui
58	Méto	70	100	0	Non	Oui
59	Méto	100	100	0	Non	Oui
60	Méto	130	100	0	Non	Oui
61	Méto	70	130	0	Non	Oui
62	Méto	100	130	0	Non	Oui
63	Méto	130	130	0	Non	Oui
64	Méto	70	70	5	Non	Oui
65	Méto	100	70	5	Non	Oui
66	Méto	130	70	5	Non	Oui
67	Méto	70	100	5	Non	Oui
68	Méto	100	100	5	Non	Oui
69	Méto	130	100	5	Non	Oui
70	Méto	70	130	5	Non	Oui

71	Méto	100	130	5	Non	Oui
72	Méto	130	130	5	Non	Oui
73	Méto	70	70	15	Non	Oui
74	Méto	100	70	15	Non	Oui
75	Méto	130	70	15	Non	Oui
76	Méto	70	100	15	Non	Oui
77	Méto	100	100	15	Non	Oui
78	Méto	130	100	15	Non	Oui
79	Méto	70	130	15	Non	Oui
80	Méto	100	130	15	Non	Oui
81	Méto	130	130	15	Non	Oui
82	Méto	70	70	0	Oui	Oui
83	Méto	100	70	0	Oui	Oui
84	Méto	130	70	0	Oui	Oui
85	Méto	70	100	0	Oui	Oui
86	Méto	100	100	0	Oui	Oui
87	Méto	130	100	0	Oui	Oui
88	Méto	70	130	0	Oui	Oui
89	Méto	100	130	0	Oui	Oui
90	Méto	130	130	0	Oui	Oui
91	Méto	70	70	5	Oui	Oui
92	Méto	100	70	5	Oui	Oui
93	Méto	130	70	5	Oui	Oui
94	Méto	70	100	5	Oui	Oui
95	Méto	100	100	5	Oui	Oui
96	Méto	130	100	5	Oui	Oui
97	Méto	70	130	5	Oui	Oui
98	Méto	100	130	5	Oui	Oui
99	Méto	130	130	5	Oui	Oui
100	Méto	70	70	15	Oui	Oui
101	Méto	100	70	15	Oui	Oui
102	Méto	130	70	15	Oui	Oui
103	Méto	70	100	15	Oui	Oui
104	Méto	100	100	15	Oui	Oui
105	Méto	130	100	15	Oui	Oui
106	Méto	70	130	15	Oui	Oui
107	Méto	100	130	15	Oui	Oui
108	Méto	130	130	15	Oui	Oui
109	Covoiturage	70	70	0	Non	NA
110	Covoiturage	100	70	0	Non	NA
111	Covoiturage	130	70	0	Non	NA
112	Covoiturage	70	100	0	Non	NA
113	Covoiturage	100	100	0	Non	NA

114	Covoiturage	130	100	0	Non	NA
115	Covoiturage	70	130	0	Non	NA
116	Covoiturage	100	130	0	Non	NA
117	Covoiturage	130	130	0	Non	NA
118	Covoiturage	70	70	5	Non	NA
119	Covoiturage	100	70	5	Non	NA
120	Covoiturage	130	70	5	Non	NA
121	Covoiturage	70	100	5	Non	NA
122	Covoiturage	100	100	5	Non	NA
123	Covoiturage	130	100	5	Non	NA
124	Covoiturage	70	130	5	Non	NA
125	Covoiturage	100	130	5	Non	NA
126	Covoiturage	130	130	5	Non	NA
127	Covoiturage	70	70	15	Non	NA
128	Covoiturage	100	70	15	Non	NA
129	Covoiturage	130	70	15	Non	NA
130	Covoiturage	70	100	15	Non	NA
131	Covoiturage	100	100	15	Non	NA
132	Covoiturage	130	100	15	Non	NA
133	Covoiturage	70	130	15	Non	NA
134	Covoiturage	100	130	15	Non	NA
135	Covoiturage	130	130	15	Non	NA
136	Covoiturage	70	70	0	Oui	NA
137	Covoiturage	100	70	0	Oui	NA
138	Covoiturage	130	70	0	Oui	NA
139	Covoiturage	70	100	0	Oui	NA
140	Covoiturage	100	100	0	Oui	NA
141	Covoiturage	130	100	0	Oui	NA
142	Covoiturage	70	130	0	Oui	NA
143	Covoiturage	100	130	0	Oui	NA
144	Covoiturage	130	130	0	Oui	NA
145	Covoiturage	70	70	5	Oui	NA
146	Covoiturage	100	70	5	Oui	NA
147	Covoiturage	130	70	5	Oui	NA
148	Covoiturage	70	100	5	Oui	NA
149	Covoiturage	100	100	5	Oui	NA
150	Covoiturage	130	100	5	Oui	NA
151	Covoiturage	70	130	5	Oui	NA
152	Covoiturage	100	130	5	Oui	NA
153	Covoiturage	130	130	5	Oui	NA
154	Covoiturage	70	70	15	Oui	NA
155	Covoiturage	100	70	15	Oui	NA
156	Covoiturage	130	70	15	Oui	NA

157	Covoiturage	70	100	15	Oui	NA
158	Covoiturage	100	100	15	Oui	NA
159	Covoiturage	130	100	15	Oui	NA
160	Covoiturage	70	130	15	Oui	NA
161	Covoiturage	100	130	15	Oui	NA
162	Covoiturage	130	130	15	Oui	NA
163	Voiture	70	70	0	NA	NA
164	Voiture	100	70	0	NA	NA
165	Voiture	130	70	0	NA	NA
166	Voiture	70	100	0	NA	NA
167	Voiture	100	100	0	NA	NA
168	Voiture	130	100	0	NA	NA
169	Voiture	70	130	0	NA	NA
170	Voiture	100	130	0	NA	NA
171	Voiture	130	130	0	NA	NA
172	Voiture	70	70	5	NA	NA
173	Voiture	100	70	5	NA	NA
174	Voiture	130	70	5	NA	NA
175	Voiture	70	100	5	NA	NA
176	Voiture	100	100	5	NA	NA
177	Voiture	130	100	5	NA	NA
178	Voiture	70	130	5	NA	NA
179	Voiture	100	130	5	NA	NA
180	Voiture	130	130	5	NA	NA
181	Voiture	70	70	15	NA	NA
182	Voiture	100	70	15	NA	NA
183	Voiture	130	70	15	NA	NA
184	Voiture	70	100	15	NA	NA
185	Voiture	100	100	15	NA	NA
186	Voiture	130	100	15	NA	NA
187	Voiture	70	130	15	NA	NA
188	Voiture	100	130	15	NA	NA
189	Voiture	130	130	15	NA	NA

Source : réalisation de l'auteur

Pour reconstituer la variable latente d'utilisation de son *smartphone*  $s_j$ , nous avons dû poser certaines questions nous permettant de reconstituer des « indicateurs » (évoqués dans la partie 3.1.2), c'est-à-dire des variables utilisées dans un modèle d'équations structurelles liant la variable latente d'utilisation de son *smartphone* aux variables l'approximant et aux variables socio-économiques des répondants.

Dans ce cadre, nous avons proposé neuf affirmations aux individus qu'il a été demandé de noter *via* une échelle de Likert en cinq niveaux :

- « L'utilisation de son smartphone est un bon moyen pour occuper son temps de déplacement. »
- « L'occupation de son temps libre est plus agréable avec un support non numérique (livre, presse papier...) qu'avec un smartphone. »
- « Les transports en commun représentent un mode de transport privilégié pour l'utilisation de son smartphone pendant son temps de déplacement. »
- « Voyager en position assise rend plus facile l'utilisation de son smartphone pendant son temps de déplacement. »
- « Voyager en position assise rend plus agréable l'utilisation de son smartphone pendant son temps de déplacement. »
- « Voyager en position assise est une condition indispensable à l'utilisation de son smartphone pendant son temps de déplacement. »
- « Une bonne connectivité permet une utilisation plus satisfaisante de son smartphone pendant son temps de déplacement. »
- « Une bonne connectivité est une condition indispensable à l'utilisation de son smartphone pendant son temps de déplacement. »

### 3.2.1.2 Le plan factoriel fractionné

Car chaque sous-enquête possède un PFC de 189 scénarios, il est impossible de proposer à chaque répondant des arbitrages prenant en compte l'ensemble des alternatives de chaque PFC.

Pour ces raisons, nous avons fait le choix de ne conserver que certains scénarios parmi l'ensemble de ceux constituant le PFC et ainsi de construire notre enquête sur un plan factoriel fractionné (PFF). Ce PFF devait répondre à deux principaux critères :

- L'ensemble des *trade-off* proposés aux répondants devait proposer trois alternatives caractérisées chacune par un attribut *A* (mode de transport) différent.
- Afin de réduire le biais cognitif associé à une démultiplication des *trade-off*, chaque individu ne devait pas se voir proposer plus de six *trade-off*.

Nous avons fait le choix de subdiviser, sous l'hypothèse d'une homogénéité des individus enquêtés, l'échantillon des répondants en trois « blocs » dans le cas de la première sous-enquête et en six « blocs » dans le cas de la deuxième sous-enquête. Pour ces raisons, nos différentes contraintes ont limité le nombre de scénarios compris dans le PFF de la première sous-enquête à 54 scénarios (pour 18 *trade-off* de trois alternatives chacun) et ceux compris dans la deuxième sous-enquête à 108 scénarios (pour 36 *trade-off* de trois alternatives chacun)<sup>30</sup>.

Pour réaliser un choix parmi nos différents scénarios (et ainsi écarter les scénarios comprenant le moins d'informations), nous nous sommes servis de la fonction « rotation.design » du package

---

<sup>30</sup> Le nombre d'attributs étant plus important dans le cas de la deuxième sous-enquête que dans celui de la première, le nombre d'interactions devrait mécaniquement être également plus important. Ainsi, et afin de couvrir de manière plus complète ces interactions entre les attributs, nous avons fait le choix de proposer un PFF comprenant plus de scénarios, augmentant le risque d'hétérogénéité entre les blocs par une diminution de nombre d'individus présents au sein de chaque bloc.

« support.CEs » de l'outil statistique en *open-source* R. Cette fonction permet la génération de PFF de type « plan de résolution IV », c'est-à-dire n'estimant que les effets principaux tout en assurant l'indépendance avec les effets secondaires (Pons, 2011).

Cette fonction nous a permis de créer le PFF suivant pour la première sous-enquête :

Table 3.6 – Plan factoriel fractionné de la première sous-enquête

<b>Scénarios</b>	<b>Mode</b>	<b>Prix</b>	<b>Durée</b>	<b>Fiabilité</b>	<b>Smartphone</b>
1	Métro	70	70	0	Non
2	Métro	70	70	0	Non
3	Métro	70	70	0	Non
4	Métro	70	100	15	Hors-connexion
5	Métro	70	100	15	Hors-connexion
6	Métro	70	100	15	Hors-connexion
7	Métro	100	70	15	Oui
8	Métro	100	70	15	Oui
9	Métro	100	70	15	Oui
10	Métro	100	130	5	Non
11	Métro	100	130	5	Non
12	Métro	100	130	5	Non
13	Métro	130	100	5	Oui
14	Métro	130	100	5	Oui
15	Métro	130	100	5	Oui
16	Métro	130	130	0	Hors-connexion
17	Métro	130	130	0	Hors-connexion
18	Métro	130	130	0	Hors-connexion
19	Covoiturage	70	100	0	Oui
20	Covoiturage	70	100	0	Oui
21	Covoiturage	70	100	0	Oui
22	Covoiturage	70	130	5	Hors-connexion
23	Covoiturage	70	130	5	Hors-connexion
24	Covoiturage	70	130	5	Hors-connexion
25	Covoiturage	100	70	0	Hors-connexion
26	Covoiturage	100	70	0	Hors-connexion
27	Covoiturage	100	70	0	Hors-connexion
28	Covoiturage	100	100	15	Non
29	Covoiturage	100	100	15	Non
30	Covoiturage	100	100	15	Non
31	Covoiturage	130	70	5	Non
32	Covoiturage	130	70	5	Non
33	Covoiturage	130	70	5	Non
34	Covoiturage	130	130	15	Oui
35	Covoiturage	130	130	15	Oui
36	Covoiturage	130	130	15	Oui

37	Voiture	70	70	5	NA
38	Voiture	70	70	5	NA
39	Voiture	70	70	5	NA
40	Voiture	70	130	15	NA
41	Voiture	70	130	15	NA
42	Voiture	70	130	15	NA
43	Voiture	100	100	5	NA
44	Voiture	100	100	5	NA
45	Voiture	100	100	5	NA
46	Voiture	100	130	0	NA
47	Voiture	100	130	0	NA
48	Voiture	100	130	0	NA
49	Voiture	130	70	15	NA
50	Voiture	130	70	15	NA
51	Voiture	130	70	15	NA
52	Voiture	130	100	0	NA
53	Voiture	130	100	0	NA
54	Voiture	130	100	0	NA

Source : réalisation de l'auteur

L'algorithme de R nous a également permis de créer le PFF suivant pour la deuxième sous-enquête :

Table 3.7 – Plan factoriel fractionné de la deuxième sous-enquête

Scénarii	Mode	Prix	Durée	Fiabilité	Connexion	Confort
1	Métro	70	70	0	Non	Oui
2	Métro	70	70	0	Non	Oui
3	Métro	70	70	0	Oui	Non
4	Métro	70	70	0	Oui	Non
5	Métro	70	100	15	Non	Non
6	Métro	70	100	15	Non	Non
7	Métro	70	100	15	Oui	Oui
8	Métro	70	100	15	Oui	Oui
9	Métro	70	130	5	Non	Non
10	Métro	70	130	5	Non	Oui
11	Métro	70	130	5	Oui	Non
12	Métro	70	130	5	Oui	Oui
13	Métro	100	70	15	Non	Non
14	Métro	100	70	15	Non	Oui
15	Métro	100	70	15	Oui	Non
16	Métro	100	70	15	Oui	Oui
17	Métro	100	100	5	Non	Oui
18	Métro	100	100	5	Non	Oui
19	Métro	100	100	5	Oui	Non
20	Métro	100	100	5	Oui	Non

21	Méto	100	130	0	Non	Non
22	Méto	100	130	0	Non	Non
23	Méto	100	130	0	Oui	Oui
24	Méto	100	130	0	Oui	Oui
25	Méto	130	70	5	Non	Oui
26	Méto	130	70	5	Non	Oui
27	Méto	130	70	5	Oui	Non
28	Méto	130	70	5	Oui	Non
29	Méto	130	100	0	Non	Non
30	Méto	130	100	0	Non	Oui
31	Méto	130	100	0	Oui	Non
32	Méto	130	100	0	Oui	Oui
33	Méto	130	130	15	Non	Non
34	Méto	130	130	15	Non	Non
35	Méto	130	130	15	Oui	Oui
36	Méto	130	130	15	Oui	Oui
37	Covoiturage	70	70	0	Non	NA
38	Covoiturage	70	70	0	Non	NA
39	Covoiturage	70	70	0	Oui	NA
40	Covoiturage	70	70	0	Oui	NA
41	Covoiturage	70	100	15	Non	NA
42	Covoiturage	70	100	15	Non	NA
43	Covoiturage	70	100	15	Oui	NA
44	Covoiturage	70	100	15	Oui	NA
45	Covoiturage	70	130	5	Non	NA
46	Covoiturage	70	130	5	Non	NA
47	Covoiturage	70	130	5	Oui	NA
48	Covoiturage	70	130	5	Oui	NA
49	Covoiturage	100	70	15	Non	NA
50	Covoiturage	100	70	15	Non	NA
51	Covoiturage	100	70	15	Oui	NA
52	Covoiturage	100	70	15	Oui	NA
53	Covoiturage	100	100	5	Non	NA
54	Covoiturage	100	100	5	Non	NA
55	Covoiturage	100	100	5	Oui	NA
56	Covoiturage	100	100	5	Oui	NA
57	Covoiturage	100	130	0	Non	NA
58	Covoiturage	100	130	0	Non	NA
59	Covoiturage	100	130	0	Oui	NA
60	Covoiturage	100	130	0	Oui	NA
61	Covoiturage	130	70	5	Non	NA
62	Covoiturage	130	70	5	Non	NA
63	Covoiturage	130	70	5	Oui	NA



64	Covoiturage	130	70	5	Oui	NA
65	Covoiturage	130	100	0	Non	NA
66	Covoiturage	130	100	0	Non	NA
67	Covoiturage	130	100	0	Oui	NA
68	Covoiturage	130	100	0	Oui	NA
69	Covoiturage	130	130	15	Non	NA
70	Covoiturage	130	130	15	Non	NA
71	Covoiturage	130	130	15	Oui	NA
72	Covoiturage	130	130	15	Oui	NA
73	Voiture	70	70	0	NA	NA
74	Voiture	70	70	0	NA	NA
75	Voiture	70	70	0	NA	NA
76	Voiture	70	70	0	NA	NA
77	Voiture	70	100	15	NA	NA
78	Voiture	70	100	15	NA	NA
79	Voiture	70	100	15	NA	NA
80	Voiture	70	100	15	NA	NA
81	Voiture	70	130	5	NA	NA
82	Voiture	70	130	5	NA	NA
83	Voiture	70	130	5	NA	NA
84	Voiture	70	130	5	NA	NA
85	Voiture	100	70	15	NA	NA
86	Voiture	100	70	15	NA	NA
87	Voiture	100	70	15	NA	NA
88	Voiture	100	70	15	NA	NA
89	Voiture	100	100	5	NA	NA
90	Voiture	100	100	5	NA	NA
91	Voiture	100	100	5	NA	NA
92	Voiture	100	100	5	NA	NA
93	Voiture	100	130	0	NA	NA
94	Voiture	100	130	0	NA	NA
95	Voiture	100	130	0	NA	NA
96	Voiture	100	130	0	NA	NA
97	Voiture	130	70	5	NA	NA
98	Voiture	130	70	5	NA	NA
99	Voiture	130	70	5	NA	NA
100	Voiture	130	70	5	NA	NA
101	Voiture	130	100	0	NA	NA
102	Voiture	130	100	0	NA	NA
103	Voiture	130	100	0	NA	NA
104	Voiture	130	100	0	NA	NA
105	Voiture	130	130	15	NA	NA
106	Voiture	130	130	15	NA	NA

<b>107</b>	Voiture	130	130	15	NA	NA
<b>108</b>	Voiture	130	130	15	NA	NA

Source : réalisation de l'auteur

### 3.2.1.3. Les formes fonctionnelles de l'utilité aléatoire

Afin d'estimer les différents paramètres de nos modèles, il est nécessaire de déterminer la forme fonctionnelle de l'utilité que nous considérons. Dans notre cas, la forme canonique de l'utilité aléatoire d'un individu  $n$  pour chaque alternative  $j$  et en prenant en compte les possibilités de *multitasking* supportées par les *smartphones*  $s_x$  avec  $x \in (0, \dots, X)$ , peut s'écrire de la manière suivante, introduisant une forme non linéaire de l'utilité :

$$U_{njx}(p_n, t_n, r_n, s_x, X_n) = V_{nj}(p_n, t_n, r_n, X_n) + \varepsilon_{nj} \quad (3.12)$$

avec

$p_n$  = les dépenses monétaires engagées par l'individu  $n$  pour son transport

$t_n$  = la durée du transport

$r_n$  = le risque de retard

$s_x$  = le niveau d'usage du smartphone

$X_n$  = un vecteur de caractéristiques individuelles de l'individu  $n$

Nous inspirant des travaux valorisant le confort dans les TC (Batarce et al., 2015 ; Haywood et Koning, 2015), nous pouvons écrire :

$$V_{nj} = \alpha_j + \beta p_n + \delta r_n + \gamma t_n + \theta X_n \quad (3.13)$$

avec  $\gamma$  la désutilité marginale du temps de transport dépendant du niveau d'usage de son *smartphone*  $s_x$  tel que :

$$\frac{\partial V_n}{\partial t_n} = \gamma = \gamma_0 + \gamma_1 s_x \quad (3.14)$$

Dans un premier temps, c'est-à-dire dans le cadre de l'analyse de la première sous-enquête, nous considérons la variable d'usage du *smartphone*  $s_x$  comme une variable discrète tel que  $x \in (0 ; 1 ; 2)$ , avec 0 = pas de possibilité d'usage, 1 = possibilité d'usage hors connexion et 2 = possibilité d'usage complète. Nous considérons la variable  $s_x$  comme une *dummy* prenant 1 dans le cas où l'individu se trouve dans la situation d'usage correspondant et 0 dans le cas contraire, permettant d'écrire :

$$V_{nj} = \alpha_j + \beta p_n + \delta r_n + \sum_{x=0}^2 (\gamma_{jx} s_x t_n) + \theta X_n \quad (3.15)$$

Dans le cas de cette première sous-enquête, l'utilité de chaque alternative peut donc s'écrire de la manière suivante :

$$\begin{aligned}
 U_{n,voit} &= ASC_{voit} + \beta p_n + \delta r_n + \gamma_{voit} t_n + \theta X_n + \varepsilon_{n,voit} & (3.16) \\
 U_{n,metro} &= ASC_{metro} + \beta p_n + \delta r_n + \sum_{x=0}^2 (\gamma_x s_x t_n) + \theta X_n + \varepsilon_{n,metro} \\
 U_{n,cov} &= ASC_{cov} + \beta p_n + \delta r_n + \sum_{x=0}^2 (\gamma_x s_x t_n) + \theta X_n + \varepsilon_{n,cov}
 \end{aligned}$$

Dans le cas de la deuxième sous-enquête, nous considérons la variable  $s$  comme étant une variable latente  $s^*$  dépendant entre autres des variables de connectivité  $ct_y$  avec  $y \in (0 ; 1)$  et de confort  $cf_z$  avec  $z \in (0 ; 1)$ .

### 3.2.2 L'enquête

L'enquête s'est finalement présentée sous la forme d'un questionnaire en ligne réalisé *via* l'outil en *open-source* « Limesurvey ». Les modalités de connexion sur l'interface de cet outil sont détaillées dans l'annexe 6.5.

Le questionnaire comprenait 106 questions réparties en 6 sections :

- « Pour commencer ... » comprenant 17 questions relatives aux caractéristiques socio-économiques des répondants.
- « Vos habitudes de déplacement » comprenant 16 questions relatives aux les habitudes de transport des répondants.
- « Votre dernier trajet entre la Cité Scientifique et le centre-ville de Lille » comprenant 11 questions décrivant la situation de référence des répondants.
- « Quelques situations de choix 1/2 » comprenant 19 questions (dont 18 réparties en trois blocs) représentant les *trade-off* de la première sous-enquête.
- « Quelques situations de choix 2/2 » comprenant 36 questions (réparties en 6 blocs) représentant les *trade-off* de la deuxième sous-enquête.
- « Remerciements » comprenant 7 questions de gestion.

Ce questionnaire, une fois sa version pilote validée, a été relayé *via* différents canaux :

- La *newsletter* du personnel de l'ex-Université de Lille 1 ;
- Les listes de diffusion des différentes composantes et établissements associés présents sur le campus de la Cité Scientifique (Faculté des Sciences et Technologies, Faculté des Sciences Economiques et Sociales, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de Lille, Polytech Lille, IUT A, LILLIAD, Centrale Lille, Météo France, IFSTTAR...);
- Une campagne de distribution aléatoire, dans le métro et dans les différents lieux de rassemblement du campus (notamment les restaurants universitaires) de cartes de visite renseignant un lien vers le questionnaire *via* un QR-Code lisible depuis son *smartphone* (cf. Annexe 6.6).

Le questionnaire en ligne est resté actif 2 mois, du 17 mai 2018 au 17 juillet 2018. Sur les 548 répondants ayant commencé à répondre à ce questionnaire, 301 (55%) l'ont finalisé (en 14,3 minutes en moyenne), les répondants restants s'étant principalement arrêtés à la page d'accueil (cf. Annexes 6.7 et 6.8 pour une liste des répondants ayant formulé le souhait d'accéder aux principaux résultats et

une liste de répondants ayant accepté d'être recontactés pour d'autres enquêtes). Les réponses étant principalement non obligatoires, la somme des réponses associées à chaque modalité n'est pas toujours égale à la somme des répondants.

Les répondants à cette enquête sont majoritairement féminins (55%). Leur âge moyen est de 29,4 ans, les plus jeunes répondants ayant 18 ans et le plus âgé 65 ans.

Le panel enquêté est essentiellement un panel d'étudiants : 60% des répondants ont déclaré réaliser actuellement une activité principale d'études, les 40% restants ayant déclaré être en situation d'activité. Une large majorité des étudiants (60%) a déclaré préparer un diplôme de l'enseignement supérieur du 2<sup>ème</sup> cycle. De leur côté, 12% des actifs ont déclaré posséder comme diplôme le plus élevé le baccalauréat ou un diplôme inférieur, 23% un diplôme de l'enseignement supérieur du 1<sup>er</sup> cycle, 49% un diplôme de l'enseignement supérieur du 2<sup>ème</sup> cycle et 20% un diplôme de l'enseignement supérieur du 3<sup>ème</sup> cycle. Ces actifs ont déclaré à 68% occuper un emploi de cadre. Seuls 14% des répondants ont déclaré résider et réaliser leur principale activité professionnelle ou étudiante dans la même commune, la principale commune de résidence des répondants étant Lille et leur principale commune de travail (ou d'études) étant Villeneuve d'Ascq.

Parmi les 301 répondants, 95% ont déclaré posséder un *smartphone* parmi lesquels 63% ont déclaré en maîtriser parfaitement l'utilisation ; 36% ont déclaré posséder une tablette parmi lesquels 41% ont déclaré en maîtriser parfaitement l'utilisation.

Une très faible majorité des répondants a déclaré considérer son temps de déplacement comme du temps perdu. Pour leurs trajets habituels, 45% des répondants ont déclaré utiliser le métro tous les jours, 21% ont déclaré utiliser quotidiennement la voiture en tant que conducteur, 2% la voiture en tant que passager. Peu de répondants ont déclaré utiliser quotidiennement un ou plusieurs « modes doux » puisque 31% des répondants ont déclaré réaliser tous les jours des déplacements complets à pied et 8% ont déclaré utiliser quotidiennement un mode de transport non motorisé tel que le vélo.

Lors de leurs déplacements en transports en commun, 42% des répondants ont déclaré régulièrement ne rien faire et 9% ont déclaré essayer de dormir. 60% des répondants ont déclaré écouter régulièrement de la musique et 38% lire des livres en format papier (contre 13% *via* des supports numériques). 22% ont déclaré lire régulièrement la presse papier contre 29% la presse en ligne. 69% des répondants ont déclaré consulter ou écrire régulièrement des SMS pendant leur trajet et 54% des répondants ont déclaré consulter régulièrement les réseaux sociaux. Enfin, 50% ont déclaré régulièrement travailler pendant leur temps de déplacement.

Enfin, sur l'ensemble des répondants, 82% ont déclaré avoir déjà réalisé, en transports en commun ou *via* un mode motorisé individuel, un trajet entre le centre-ville de Lille et le campus de la Cité Scientifique. Seuls 13% des répondants ont réalisé ce trajet le jour de leur participation à cette enquête et 27% dans la même semaine. Sur les 248 répondants ayant déjà réalisé le trajet enquêté, 78% l'ont réalisé pour la dernière fois en métro et 18% en voiture particulière en tant que conducteur. Les individus ayant réalisé ce trajet en métro estiment la durée totale de leur trajet à 24,2 minutes (dont 16,3 minutes à l'intérieur du métro) et le prix unitaire de leur trajet à 1,9 € ; ils sont également 20% à indiquer avoir été assis sur l'ensemble du trajet et 24% à avoir été assis sur une partie seulement du

trajet. Les individus ayant réalisé ce trajet en voiture estiment la durée totale de leur trajet à 20,5 minutes et estiment également le prix unitaire de leur trajet à 1,9 €.

### 3.3 Le traitement économétrique

Pour pouvoir appliquer les outils statistiques à notre base de données, il est possible de faire appel à différents outils de traitement de l'information statistique. Le logiciel en *open-source* R fournit ici un certain nombre d'algorithmes intéressants. Ces algorithmes sont fournis par un certain de packages adaptés à l'estimation de *logit* multinomiaux (« mlogit », « mnlogit », « gmnl », « nnet », « ChoiceModelR », ...). Parmi ces différents packages, nous avons fait le choix de nous concentrer sur les packages « mlogit » et « gmnl » qui répondent à la même structure de formule :

**formula = variable dépendante ~ variables de l'alternative avec coefficients génériques  
| variables individuelles avec coefficients spécifiques à l'alternative  
| variables de l'alternative avec coefficients spécifiques**

Globalement, les bases de données issues d'EPD peuvent être compilées sous deux formes différentes :

- Un format « *wide* » dans lequel chaque ligne correspond à une réponse de chaque individu avec en colonnes des variables de choix (ALTERNATIVE 1 / ALTERNATIVE 2 / ...), des variables décrivant toutes les alternatives et des variables individuelles ;
- Un format « *long* » dans lequel chaque ligne correspond à une alternative proposée à chaque individu avec en colonnes une variable de choix (OUI / NON), des variables d'attributs génériques (prenant les modalités correspondant à l'alternative en question) et des variables individuelles.

Les packages « mlogit » et « gmnl » sont adaptées au format « *long* » (mais des consignes spécifiques existent pour transformer très rapidement un format « *wide* » en un format « *long* » lisible par ces packages). Nos bases de données sont ici présentées à la fois en format « *wide* » et en format « *long* ».

Dans notre étude, sur les 301 répondants au questionnaire, 269 ont traité les arbitrages de la première sous-enquête et 245 ont traité les arbitrages de la deuxième sous-enquête. Chaque individu ayant été confronté à différents arbitrages, notre échantillon est ainsi un échantillon de « panel ». Néanmoins, les questions d'arbitrages ayant été non obligatoires, certains individus n'ont pas traité l'ensemble des arbitrages qui leur étaient proposés<sup>31</sup>. Dans ces conditions, la première sous-enquête comprend 4731 lignes en format « *long* » pour 1577 en format « *wide* » ; la deuxième sous-enquête comprend 4329 lignes en format « *long* » pour 1443 en format « *wide* »

Nos bases de données sont ici soumises à trois contraintes que l'application économétrique doit pouvoir prendre en compte.

---

<sup>31</sup> Dans le cas de la première sous-enquête, sur les 269 individus ayant traité les questions d'arbitrage, 16 n'ont pas répondu à l'ensemble des arbitrages. Dans ce cas, l'effet de panel est au minimum de 2 et au maximum de 6. Dans le cas de la deuxième sous-enquête, sur les 245 individus ayant traité les questions d'arbitrage, 14 n'ont pas répondu à l'ensemble. Dans ce cas, l'effet de panel est au minimum de 1 et au maximum de 6.

D'une part, le modèle est caractérisé par une « asymétrie » par laquelle une alternative (ou deux), est caractérisée par un nombre inférieur d'attributs que les deux autres alternatives (ou que l'alternative restante). En effet, dans la première sous-enquête, la variable d'usage de son *smartphone* ne décrit pas le mode de transport « voiture ». Dans le cas de la deuxième sous-enquête n°2, la variable de connexion ne décrit pas le mode de transport « voiture », et la variable de confort ne décrit que le mode « métro ». Dans ce cas, nous nous retrouvons avec un modèle prenant en compte à la fois des « *alternative specific variables* » et des « *individual alternative specific variables* ».

D'autre part, nous nous retrouvons dans le cas d'un modèle caractérisé par une forme fonctionnelle non linéaire, c'est-à-dire caractérisée par des interactions entre certains attributs. En effet, dans notre cas, l'attribut d'usage de son *smartphone* (en variable observable et en variable latente) n'est pas linéairement additif aux autres attributs mais fait varier le paramètre du temps, c'est-à-dire l'utilité marginale du temps.

Enfin, comme nous l'avons introduit ci-dessus, l'échantillon sur lequel nous souhaitons appliquer notre modèle est un échantillon de panel, c'est-à-dire qu'il renseigne plusieurs choix réalisés par un même individu (6, parfois moins). Dans ce cas, l'hypothèse d'indépendance des termes d'erreur (IID) ne peut être valablement postulée, les éléments non pris en compte dans la modélisation (et donc pris en compte dans le terme d'erreur) étant les mêmes pour un même individu pour l'ensemble de ses arbitrages.

### 3.3.1 Le modèle *logit* multinomial simple

Dans ce premier traitement exploratoire, et par simplification, nous considérons que l'attribut d'usage de son *smartphone* caractérise les trois différentes alternatives, prenant systématiquement une valeur nulle pour le mode « voiture ». De plus, nous ne prenons pas en compte les effets de panel, c'est-à-dire que nous considérons l'hypothèse d'indépendance des termes d'erreur (IID).

Le package « *mlogit* » de R nous permet de trouver les résultats suivants (avec quatre variables individuelles d'âge, de revenu, de possession d'un *smartphone*, et de situation d'études) :

Table 3.8 – *Logit* multinomial simple

Mode	Covoiturage	Métro	Voiture
ASC (vs. voiture)	-0,83 (0,76)	0,86 (0,60)	/
Prix	-0,57 *** (0,11)		
Retard	-0,08 *** (0,01)		
Temps sans <i>smartphone</i>	-0,09 *** (0,01)		
Temps avec <i>smartphone</i> hors ligne	-0,08 *** (0,01)		/

<b>Temps avec <i>smartphone</i> complet</b>	-0,05 *** (0,01)		/
<b>Age (vs. voiture)</b>	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	/
<b>Revenu (vs. voiture)</b>	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	/
<b>Smartphone (vs. voiture)</b>	-0,71 * (0,41)	-0,74 ** (0,34)	/
<b>Etudiant (vs. voiture)</b>	0,78 ** (0,37)	0,62 ** (0,28)	/
<b>Log-pseudolikelihood</b>	-1278		
<b>McFadden's pseudo R<sup>2</sup></b>	13%		

Source : réalisation de l'auteur

Note : Standard error entre parenthèses ; \*\*\*:  $p < 0,01$  ; \*\*:  $p < 0,05$  ; \*:  $p < 0,1$

Ces éléments permettent finalement de calculer les *VOTTS* (qui correspondent à des ratios entre les paramètres de temps et les paramètres de coût) suivantes :

Table 3.9 – *VOTTS* en *logit* multinomial simple (€/h)

Mode	Covoiturage	Métro	Voiture
<b>Temps sans <i>smartphone</i></b>	9,44 €		
<b>Temps avec <i>smartphone</i> hors ligne</b>	8,53 €		/
<b>Temps avec <i>smartphone</i></b>	5,35 €		/
<b>Retard</b>	8,37 €		

Source : réalisation de l'auteur

### 3.3.2. Le modèle *logit* multinomial mixte

Afin de relâcher l'hypothèse d'IID, nous faisons ici l'hypothèse que la part aléatoire de l'utilité  $\varepsilon$  se décompose en une partie spécifique à l'individu  $\varepsilon_n$  et une partie spécifique à l'individu et à l'occasion de choix (noté *chid* = *choice index*)  $\varepsilon_{nc}$ .

Dans ce cas, et afin de prendre en compte des spécifications non linéaires de l'utilité, des modèles multinomiaux mixtes (*error components models*) peuvent être privilégiés (Batarce, Munoz et Ortuzar, 2016).

## 4 Conclusion

Cette étude s'est interrogée sur la relation pouvant exister entre certains supports des TIC, particulièrement les *smartphones*, et l'évolution de l'expérience des transports dans un sens favorable aux TC plutôt qu'à la VP.

Pour mener à bien notre enquête, nous avons fait le choix de baser notre étude sur une approche économique, et notamment sur une approche microéconomique de modélisation des choix. Pour ce faire, nous avons mobilisé des outils de recueil de données appartenant à la famille des enquêtes de préférences déclarées (EPD) que nous avons ensuite analysées grâce à des outils de modélisation appartenant à la famille de modèles de *random utility maximization* (RUM).

Dans un premier temps, nous avons mobilisé des données issues d'une enquête par questionnaire en ligne réalisée dans le cadre du travail de thèse d'Adoue (2016) entre avril et mai 2015 sur un échantillon de 1004 individus équipés en téléphonie et utilisant les TC franciliens. Dans le cadre de cette enquête, une question de valorisation économique – *via* une méthodologie de jeu d'enchères appartenant à la famille des méthodes de l'évaluation contingente – de la connectivité dans les TC était proposée aux répondants. L'analyse des 501 réponses exploitables a ensuite été réalisée *via* des modèles d'analyse factorielle multivariée (*cluster analysis*) et de régression logistiques (*ordered logit*). Cette analyse nous a d'abord permis d'identifier, en accord avec la littérature existante, trois types de voyageurs selon leurs habitudes d'usage de leur temps de déplacement :

- Les jeunes *multitaskers* ultra-connectés (26%), très fortement dotés en supports de TIC, qui ont plutôt tendance à privilégier les activités de divertissement et de communication pendant leur temps de déplacement. Pour réaliser ces activités, ces individus mobilisent pour la plupart uniquement des supports liés aux TIC.
- Les *multitaskers* mixtes (55%), également très fortement dotés en supports de TIC, à qui il arrive de réaliser des activités de tout type pendant leur temps de déplacement, notamment des activités liées à leur travail ou leurs études. Pour réaliser ces activités, ces individus mobilisent pour la plupart aussi bien des supports liés aux TIC que des supports non numériques.
- Les *multitaskers* sous-connectés (19%), peu dotés en supports de TIC, à qui il arrive plutôt de réaliser des activités relatives au divertissement ou à l'information, pour la plupart *via* des supports non numériques. Leur seule activité réalisée au cours du voyage mobilisant des TIC est une activité de communication.

L'application de nos modèles de régression logistique nous a ensuite permis d'estimer des consentements à voyager plus longtemps pour une meilleure connectivité, à partir desquels nous avons pu déduire des valeurs du temps (*VOTTS*) particulières associées à des trajets avec une bonne connexion. Globalement, notre analyse montre qu'une meilleure connectivité devrait réduire la *VOTTS* des répondants de notre échantillon de 16,3% en moyenne ; en particulier, cette *VOTTS* devrait être réduite de 18,7% pour les jeunes *multitaskers* ultra-connectés, de 17,3% pour les *multitaskers* mixtes et de 10,6% pour les *multitaskers* sous-connectés.

Cette analyse étant concentrée sur la valorisation économique d'une seule composante de l'usage des TIC pendant le temps de déplacement (la connectivité) et nous donnant uniquement des informations relatives à la variation de *VOTTS* pour une amélioration de cet attribut, nous avons fait le choix



d'articuler cette étude à une analyse en choix discrets. En effet, nous avons fait le choix de mener une enquête, entre mai 2018 au juillet 2018, auprès de voyageurs ayant déjà réalisé un trajet (en voiture ou métro) entre le centre-ville de Lille et le campus de la Cité Scientifique de Villeneuve d'Ascq. Cette analyse, construite *via* une méthode d'analyse conjointe appartenant à la famille des EPD, nous a permis de valoriser le possibilité d'usage de son *smartphone* pendant le temps de déplacement dans les processus de choix de mode de déplacement. Cette valorisation économique nous a ensuite permis de mesurer des valeurs du temps (*VOTTS*) pour des trajets réalisés dans des conditions plus ou moins optimales d'usage de son *smartphone*.

Sur les 301 individus ayant répondu à l'enquête, 269 ont traité les premières questions de valorisation que nous avons ici analysées. L'analyse de cette base de données grâce à des outils économétriques de la famille des RUM, et notamment les modèles *logit* multinomiaux, nous a permis de mettre en évidence de premières *VOTTS* associées à un trajet avec et sans possibilité d'usage de son *smartphone*. Notre analyse nous a en effet permis de montrer qu'un trajet sans possibilité d'usage de son *smartphone* était associé à 10,8 € dans le cas de notre échantillon (voiture, covoiturage ou métro). De plus, une utilisation possible de son *smartphone* mais sans connexion, uniquement dans le cas du métro ou du covoiturage, entraînait une réduction de 10% de la *VOTTS*. Une utilisation complète de son *smartphone*, permise par un mode de transport non « actif » (métro ou covoiturage) connecté aux différents réseaux de communication permettrait pour sa part de réduire la *VOTTS* de 43%.

Ces travaux exploratoires nécessitent d'être prolongés dans différentes directions. D'abord, il paraît pertinent de comparer les résultats de la première étude en évaluation contingente avec d'autres études qui pourraient être administrées sur le même principe, mais suivant d'autres méthodes dont celle des doubles choix dichotomiques. L'application de cette méthode permettrait de mobiliser d'autres types de modèles statistiques dont le modèle de régression par intervalle, réputé pour permettre de capter une plus large information à partir de données empiriques. Le projet d'enquête déposé à l'appel à projets DIME Quanti automne 2017 (ELIPSS) le 17 novembre 2017 et refusé le 7 mars 2018 pourrait être retravaillé en ce sens.

Ensuite, il paraît nécessaire de continuer à analyser la base de données issue de l'enquête menée en 2018 à Lille afin d'une part d'en extraire une typologie originale de voyageurs, d'en fixer les différentes variables explicatives pertinentes et d'y appliquer différents modèles complexes de l'analyse logistique multinomiale mixte (*mixed logit model*, *scale heterogeneity logit model*...) prenant en compte nos différentes contraintes énoncées dans la Section 3.3.1. D'autre part, il serait pertinent d'analyser les données issues de la deuxième sous-enquête autorisant la mobilisation de modèles hybrides à variables latentes afin d'approcher au plus près de la valeur de l'usage des *smartphones* pendant le temps de déplacement.

## 5 Références

ADJENUGHWURE K., 2017, The Monetary Value of a Pleasant and Productive Train Trip. Developing an experimental method for estimating the monetary value of activities performed during travel, Master Thesis, Delft, TU Delft, 135 p.

ADOUE F., 2016, La mobilité connectée au quotidien. Les usages du smartphone dans les transports en commun franciliens, Thèse de doctorat, Université Paris-Est, 305 p.

ARCEP, 2015, « Observatoire sur la couverture et la qualité des services mobiles - Juillet 2015 »,.

AXTELL C., HISLOP D., WHITTAKER S., 2008, « Mobile technologies in mobile spaces: Findings from the context of train travel », *International Journal of Human-Computer Studies*, 66, p. 902-915.

BANERJEE I., KANAFANI A., 2008, « Marginal value of wireless internet connection on trains: implications for mode-choice models », *Advanced OR and AI Methods in Transportation*, p. 6.

BATARCE M., MUNOZ J.C., ORTUZAR J. DE D., 2016, « Valuing crowding in public transport: Implications for cost benefit analysis », *Transportation Research Part A*, 91, p. 358-378.

BATARCE M., MUNOZ J.C., ORTUZAR J. DE D., RAVEAU S., MOJICA C., RIOS R.A., 2015, « Valuing Crowding in Public Transport Systems Using Mixed Stated / Revealed Preferences Data : The Case of Santiago », p. 13.

BAUMAN Z., 2000, *Liquid modernity*, Polity Press Cambridge, 232 p.

BEN-AKIVA M., LERMAN S., 1985, *Discrete Choice Analysis. Theory and Application to Travel Demand*, The MIT Press, 384 p.

BEN-AKIVA M., WALKER J., BERNARDINO A.T., GOPINATH D.A., MORIKAWA T., POLYDOROPOULOU A., 2002, « Integration of choice and latent variable models », dans *Perpetual motion: Travel behaviour research opportunities and application challenges*, Pergamon, p. 431-470.

BOUSCASSE H., 2017, *Essays on travel mode choice modeling: a discrete choice approach to the interactions between economic and behavioral theories*, Thèse de Doctorat, Lyon, Université Lumière - Lyon II, 414 p.

CASCETTA E., CARTENI A., 2014, « A Quality-Based Approach to Public Transportation Planning: Theory and a Case Study », *International Journal of Sustainable Transportation*, 8, p. 84-106.

CGSP, 2013, « L'évaluation socioéconomique des investissements publics », CGSP.

CIRCELLA G., MOKHTARIAN P.L., POFF L., 2012, « A conceptual typology of multitasking behavior and polychronicity preferences », *International Journal of Time Use Research*, 9, 1, p. 59-107.

CLAYTON W., JAIN J., 2015, « Literature Review informing - 'On Train Mobile Connectivity Benefits' », Bristol, University of the West of England.

CONNOLLY D., CAULFIELD B., MAHONY M., 2009, « Rail passengers' preferences for on-board Wi-fi internet access », p. 12.

EBOLI L., MAZZULLA G., 2012, « Structural Equation Modelling for Analysing Passengers' Perceptions about Railway Services », *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, p. 96-106.

EPLEY N., SCHROEADER J., WAYTZ A., 2013, « Motivated Mind Perception: Treating Pets as People and People as Animals », *Objectification and (De)Humanization*, p. 10.

ETTEMA D., FRIMAN M., GÄRLING T., OLSSON L., FUJII S., 2012, « How in-vehicle activities affect work commuters' satisfaction with public transport », *Journal of Transport Geography*, 24, p. 215-222.

ETTEMA D., VERSCHUREN L., 2008, « Multi-tasking and the value of travel time savings », *Transportation Research Record*, p. 19-25.

FAIVRE D'ARCIER B., 1998, *Evaluation des Politiques de Transport et Préférences Individuelles*, Thèse de HDR, Université Lumière - Lyon II, 103 p.

FLAMM M., 2004, *Comprendre le choix modal: les déterminants des pratiques modales et des représentations individuelles des moyens de transport*, Thèse de doctorat.

FREI C., MAHMASSANI H., FREI A., 2015, « Making time count: Traveler activity engagement on urban transit », *Transportation Research Part A*, 76, p. 58-70.

GOODWIN P., 2012, « Three views on peak car », *World Transport, Policy and Practice*, 17.

GOODWIN P., VAN DENDER K., 2013, « 'Peak Car'—Themes and Issues », *Transport Reviews*, 33, 3, p. 243–254.

GRIPSRUD M., HJORTHOL R., 2012, « Working on the train: from 'dead time' to productive and vital time », *Transportation*, 39, 5, p. 941–956.

HAAB T., MCCONNELL K., 2002, *Valuing Environmental and Natural Resources. The Econometrics of Non-market Valuation*, Edward Elgar, 343 p.

HANEMANN M., LOOMIS J., KANNINEN B., 1991, « Statistical Efficiency of Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation », *American Agricultural Economics Association*, p. 1255-1263.

HARMAN R., L'HOSTIS A., MENERAULT P., 2007, « Public transport in cities and regions: facing an uncertain future? », dans *Spatial planning systems of Britain and France, A comparative analysis*, Oxon, Routledge, p. 188-204.

HAYWOOD L., KONING M., 2015, « The distribution of crowding costs in public transport: New evidence from Paris », *Transportation Research Part A*, 77, p. 182-201.

HAYWOOD L., KONING M., MONCHAMBERT G., 2017, « Crowding in public transport: Who cares and why? », *Transportation Research Part A*, 100, p. 215-227.

HISLOP D., AXTELL C., 2009, « To infinity and beyond?: workspace and the multi-location worker », *New Technology, Work and Employment*, 24, 1, p. 60-75.

JAIN J., LYONS G., 2008, « The gift of travel time », *Journal of Transport Geography*, 16, 2, p. 81-89.

JULSRUD T., DENSTADLI J., 2017, « Smartphones, travel time-use, and attitudes to public transport services. Insights from an explorative study of urban dwellers in two Norwegian cities », *International Journal of Sustainable Transportation*, 11, 8, p. 602-610.

KANNINEN B., 1995, « Bias in Discret Response Contingent Valuation », *Journal of Environmental Economics and Management*, 28, p. 114-125.

KAUFMANN V., 2002, « Temps et pratiques modales. Le plus court est-il le mieux? », *Recherche-Transports-Sécurité*, 75, p. 131-143.

KENYON S., LYONS G., 2007, « Introducing multitasking to the study of travel and ICT: Examining its extent and assessing its potential importance. », *Transportation Research Part A*, 41, 2, p. 161-175.

KEOLIS, 2016, « Présentation des résultats de l'enquête nationale. Enseignements et pistes de réflexion », Keolis.

KESERU I., BULCKAEN J., MACHARIS C., MINNEN J., GLORIEUX I., TIENOVEN T.P. VAN, 2015, « Is travel time wasted? Evidence from a time use survey in Flanders, Belgium », *Proceedings of the 14th International Conference on Travel Behaviour Research*, p. 1-16.

KESERU I., MACHARIS C., 2017, « Travel-based multitasking: review of the empirical evidence », *Transport Reviews*, p. 1-22.

KRAUT R., PATTERSON M., LUNDMARK V., KIESLER S., MUKOPADHYAY T., SCHERLIS W., 1998, « Internet Paradox. A Social Technology That Reduces Social Involvement and Psychological Well-Being ? », *American Psychologist*, 53, 9, p. 1017-1031.

KROES E., DUCHATEAU H., PHILLIPART L., KOUWENHOWEN M., 2006, « Benefits of Punctuality Improvements for the Paris Suburban Railway Network », *Technical Report*, Rand.

KROES E., KOUWENHOWEN M., DEBRINCAT L., PAUGET N., 2013, « On the value of crowding in public transport for Île-de-France », *Discussion Paper*, 2013-18, OECD ITF.

LANEELLE X., 2003, *Les migrations alternantes: stratégies et contraintes économiques et sociales*, Thèse de doctorat, Paris, EHESS.

LAPPARENT M. DE, KONING M., 2016, « Analyzing time sensitivity to discomfort in Paris subway: An empirical analysis using interval regression models », *Transportation*, 43, p. 913-933.

LE GALL-ELY M., LOÏG H., 2006, « Critique des méthodes de l'évaluation contingente et de l'analyse conjointe : application au cas du test de prix d'un concept de service innovant dans le secteur du logement social. », *Décisions Marketing*, p. 7-17.

LONG S., FREESE J., 2001, Regression models for categorical dependent variables using Stata, Stata Press, 311 p.

LOPEZ-FELDMAN A., 2012, « Introduction to Contingent Valuation using Stata »,.

LYONS G., 2013, « Business travel — The social practices surrounding meetings », Research in Transportation Business & Management, 9, p. 50-57.

LYONS G., JAIN J., HOLLEY D., 2007, « The use of travel time by rail passengers in Great Britain », Transportation Research Part A, 41, p. 104-120.

MALOKIN A., CIRCELLA G., MOKHTARIAN P.L., 2015, « How Do Activities Conducted while Commuting Influence Mode Choice? Testing Public Transportation Advantage and Autonomous Vehicle Scenarios », p. 22.

MALOKIN A., CIRCELLA G., MOKHTARIAN P.L., 2017, « Do Multitasking Millenials Value Travel Time Differently? A Revealed Preference Study of Northern California Commuters », p. 19.

MC FADDEN D., 1974, « Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour », dans Frontiers in econometrics, Academic Press, p. 105-142.

MEISSONNIER J., 2001, Provinciliens: les voyageurs du quotidien, entre capitale et province, Editions L'Harmattan.

METZ D., 2013, « Peak car and beyond: the fourth era of travel », Transport Reviews, 33, 3, p. 255–270.

MOKHTARIAN P.L., PAPON F., GOULARD M., DIANA M., 2015, « What makes travel pleasant and/or tiring? An investigation based on the French national travel survey », Transportation, 42, 6, p. 1103-1128.

OECD ITF, 2014, « Valuing Convenience in Public Transport. Roundtable Summary and Conclusions », Discussion Paper, OECD ITF.

OMNIL, 2018, « Chiffres détaillés - Transports communs en chiffres - Trafic annuel et journalier »,.

PAWLAK J., POLAK J., SIVAKUMAR A., 2015, « Towards a microeconomic framework for modelling the joint choice of activity-travel behaviour and ICT use », Transportation Research Part A, 76, p. 92-112.

PAWLAK J., POLAK J., SIVAKUMAR A., 2017, « A framework for joint modelling of activity choice, duration, and productivity while travelling », Transportation Research Part B, 106, p. 153-172.

PONS D., 2011, Mise en place d'enquêtes par préférences déclarées dans le cadre de projets d'étude relatifs au secteur des transports de personnes, phdthesis, Université Lumière - Lyon II.

STEER DAVIES GLEAVE, 2016, « Mobile connectivity research study », London.

TERRA S., 2004, « Guide de bonnes pratiques pour la mise en oeuvre de la méthode d'évaluation contingente »,.

THISSE J.-F., BILLOT A., 1995, « Modèles de choix individuels discrets : théorie et applications à la micro-économie. », *Revue économique*, 46, 3, p. 921-931.

TRAIN K., 2009, *Discrete Choice Methods with Simulation*, Second Edition, Cambridge, Cambridge University Press, 400 p.

TURKLE S., 2012, *Alone Together: Why We Expect More from Technology and Less from Each other*, Basic Books, 384 p.

UITP, 2015, « World metro figures - Statistics brief »,.

URRY J., 2007, *Mobilities*, Polity, 335 p.

VARGHESE V., JANA A., 2018, « Impact of ICT on multitasking during travel and the value of travel time savings: Empirical evidences from Mumbai, India », *Travel Behaviour and Society*, 12, p. 11-22.

WARD J., 1963, « Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function », *Journal of the American Statistical Association*, 58, 301, p. 236-244.

WARDMAN M., LYONS G., 2016, « The digital revolution and worthwhile use of travel time: implications for appraisal and forecasting », *Transportation*, 43, p. 507-530.

## 6 Annexes

### 6.1 Sample representativeness

**Table 2.12 – Sample representativeness**

	<b>Panel</b>	<b>Sample</b>	<b>EGT 2010 (PT subscribers)</b>
<b>Gender</b>	<i>Male</i>	31.7%	45.4%
	<i>Female</i>	68.3%	54.6%
<b>Age</b>	<i>15-24 years</i>	18.4%	22.9%
	<i>25-34 years</i>	23.2%	21.5%
	<i>35-54 years</i>	41.9%	37.5%
	<i>55-64 years</i>	15.6%	9.2%
	<i>65 + years</i>	0.9%	8.9%
<b>Residence</b>	<i>Paris municipality</i>	19.6%	28.5%
	<i>Inner suburbs</i>	44.1%	40.2%
	<i>Outer suburbs</i>	36.3%	31.3%
<b>Occupation</b>	<i>Executive</i>	52.9%	37.4%
	<i>Employee</i>	28.7%	27.5%
	<i>Student</i>	18.4%	20.3%
	<i>Housewife</i>	/	5%
	<i>Retired</i>	/	9.8%

Source: authors' calculations from survey data and from "Enquête Globale Transport" (2010).

## 6.2 Clustering analysis

The typology of travelers was built as a result of a statistical method of unsupervised cluster analysis: the hierarchical cluster analysis (HCA) (Ward, 1963).

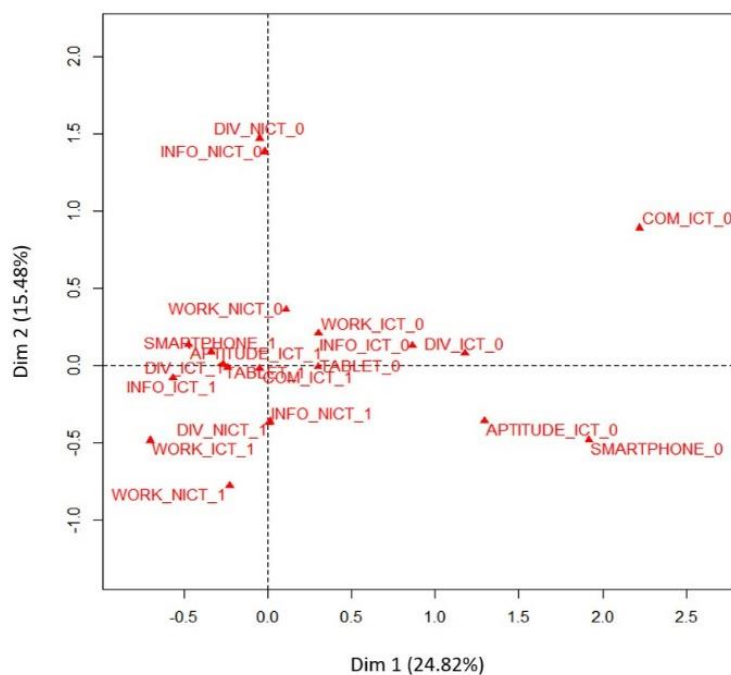
In this article, we consider a traveler  $i$  represented by a point  $P_i$  on an orthogonal plan characterized by  $Y$  variables  $v_i = (v_i^1, v_i^2, \dots, v_i^Y)$ . In the case of a points' cloud  $\Gamma = (P_i; i = 1, \dots, n)$ , one HCA allows to find the best number  $j = K$  of classes  $\Gamma_j$ , such as the individuals  $n_1, n_2, \dots, n_K$  gathered within a same class  $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_K$  are as similar as possible whereas the classes  $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_K$  are as dissimilar as possible (with regard to a "distance" criterion to be defined).

The first stage of the method relies on a principal component analysis (PCA) on the 501 individuals composing the sample. A PCA is a numerical application that consists in transforming a number of  $Y$  correlated variables  $v_i = (v_i^1, v_i^2, \dots, v_i^Y)$  describing the traveler  $i$  within a lower number of  $X$  synthetic and uncorrelated "components"  $c_i = (c_i^1, c_i^2, \dots, c_i^X)$ , such as:

$$P_i(v_i^1, v_i^2, \dots, v_i^Y) \sim P_i(c_i^1, c_i^2, \dots, c_i^X) \text{ with } v^u \neq c^u \text{ and } X < Y \quad (2.17)$$

The process has revealed ten components, for which the two first explained about 40% of the variance of the sample. Basically, these components contrast firstly travelers who perform several secondary activities during their activity of transport with those who do not perform any, and then highly connected travelers with those who are less connected (Figure 2.1).

**Figure 2.1 – PCA factors map**





Then, we use the PCA scores to build the HCA, using the Ward method. The Ward method proposes an iterative partitioning based on the criterion of inertia, which can be defined as the weighted sum of the distances between the points of a cloud and the barycenter of this cloud. In other words, the total inertia  $I_t$  of a points' cloud  $\Gamma = (P_i; i = 1, \dots, n)$  which is characterized by a barycenter  $B(\Gamma)$  is:

$$I_t(\Gamma) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d(P_i, B)^2 \quad (2.18)$$

If the points' cloud  $\Gamma = (P_i; i = 1, \dots, n)$  is divided within a number  $j = K$  of classes  $\Gamma_j$ , the total inertia  $I_t(\Gamma)$  is divided within an infraclass inertia  $I_{infra}(\Gamma)$  and an interclass inertia  $I_{inter}(\Gamma)$ .

Giving  $B_1, B_2, \dots, B_K$  the barycenters of the classes  $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_K$ , the infraclass inertia  $I_{infra}(\Gamma)$  of the points' cloud  $\Gamma = (P_i; i = 1, \dots, n)$  is:

$$I_{infra}(\Gamma) = I_t(\Gamma_1) + I_t(\Gamma_2) + \dots + I_t(\Gamma_K) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} d(P_i, B_j)^2 \quad (2.19)$$

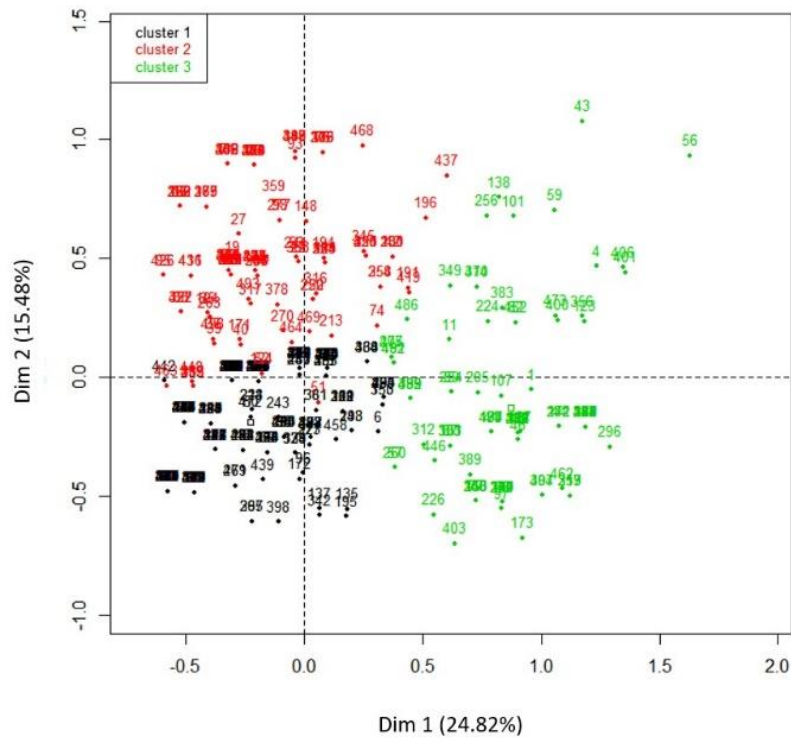
The interclass inertia  $I_{inter}(\Gamma)$  is the spread between the barycenters  $B_1, B_2, \dots, B_K$  of classes  $\Gamma_j$  and the barycenter  $B$  of the points' cloud  $\Gamma = (P_i; i = 1, \dots, n)$ , such as:

$$I_{inter}(\Gamma) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^K n_j * d(B_j, B)^2 \quad (2.20)$$

The best number  $j = K$  of classes with the Ward method is the level of partitioning maximizing the interclass inertia of the points' cloud.

Using this method, we found three classes, which are our three types of travelers: a type of ultra-connected travelers, a type of mixed travelers and a type of low-connected travelers (Figure 2.2).

**Figure 2.2 – CAH travelers map**



Finally, we can propose a multinomial logit to determine the respective contribution of each independent variables to the probability of belonging to a given group. As shown in Table 2.13, the age of the traveler is positively contributing on the probability of being a low-connected traveler (compared to that of being a mixed traveler), and negatively on the probability of being an ultra-connected traveler (compared to being a mixed traveler). Furthermore, the number of motorized vehicles owned by the traveler is contributing negatively in both cases, showing the higher level of motorized equipment for the mixed travelers. The regional rail as the main mode is positively contributing on the probability of being a low-connected traveler compared to being a mixed one.

**Table 2.13 – Determinants of the type of traveler (multinomial logit on 501 observations)**

Dependent variable	Low-connected user (vs. mixed)	Ultra-connected user (vs. mixed)
PT travel time (log)	-0.30 (0.26)	-0.39* (0.22)
Age	0.06*** (0.01)	-0.05*** (0.01)
Male	-0.40 (0.32)	0.39 (0.25)
Paris municipality inhabitant	-0.40 (0.44)	-0.50 (0.36)
Master degree	-0.19 (0.29)	-0.46 (0.29)

<b>Executive</b>	-0.58* (0.32)	0.27 (0.32)
<b>In couple</b>	0.57 (0.48)	0.14 (0.33)
<b>Children</b>	-0.39 (0.31)	0.18 (0.29)
<b>Subway</b>	-0.25 (0.39)	-0.14 (0.32)
<b>Regional rail</b>	0.69** (0.33)	-0.32 (0.29)
<b>PT every day</b>	0.33 (0.56)	-0.69 (0.49)
<b>Seated trip</b>	-0.29 (0.26)	0.03 (0.26)
<b>Motorized vehicle</b>	-0.75** (0.31)	-0.48* (0.28)
<b>Trip as wasted time</b>	0.27 (0.28)	0.35 (0.25)
<b>Same travel zone</b>	0.30 (0.34)	0.11 (0.26)
<b>Log-pseudolikelihood</b>	-435.0	
<b>McFadden's pseudo R<sup>2</sup></b>	12.7	

Note: robust standard errors in brackets; \*\*\*: p<0.01; \*\*: p<0.05; \*: p<0.1.

### 6.3 Exploratory estimates

**Table 2.14 – Determinants of the reference connectivity to ICTs (ordered logit on 501 observations)**

Dependent variable	2G/3G	2G/3G	2G/3G	Troubles	Troubles	Troubles
<b>Nb. of connected tasks</b>	-	0.18*** (0.04)	-	-	0.26*** (0.04)	-
<b>Nb. of non-connected tasks</b>	-	-0.10 (0.12)	-	-	-0.03 (0.12)	-
<b>Ultra-connected (vs. low-connected)</b>	-	-	2.80*** (0.36)	-	-	0.94*** (0.31)
<b>Mixed (vs. low-connected)</b>	-	-	2.25*** (0.27)	-	-	1.22*** (0.25)
<b>PT travel time (log)</b>	-0.42** (0.17)	-0.44** (0.17)	-0.47*** (0.17)	0.43** (0.19)	0.41** (0.19)	0.40** (0.19)
<b>Age</b>	-0.03*** (0.01)	-0.01* (0.01)	-0.00 (0.01)	-0.06*** (0.01)	-0.04*** (0.01)	-0.05*** (0.01)
<b>Male</b>	0.36* (0.19)	0.25 (0.19)	0.21 (0.19)	0.13 (0.21)	-0.01 (0.21)	0.06 (0.21)
<b>Paris municipality inhabitant</b>	-0.54** (0.26)	-0.55** (0.27)	-0.53* (0.28)	0.45 (0.31)	0.47 (0.30)	0.40 (0.30)
<b>Master degree</b>	0.02 (0.21)	0.02 (0.21)	0.07 (0.21)	-0.31 (0.22)	-0.34 (0.22)	-0.36 (0.22)
<b>Executive</b>	-0.15 (0.22)	-0.20 (0.22)	-0.43* (0.23)	0.71*** (0.24)	0.71*** (0.24)	0.66*** (0.24)
<b>In couple</b>	-0.20 (0.24)	-0.14 (0.24)	-0.10 (0.24)	-0.36 (0.27)	-0.31 (0.30)	-0.34 (0.27)
<b>Children</b>	-0.03 (0.21)	-0.14 (0.21)	-0.20 (0.20)	0.60*** (0.21)	0.48** (0.22)	0.52** (0.22)
<b>Subway</b>	-0.94*** (0.23)	-0.83*** (0.23)	-1.15*** (0.25)	0.84*** (0.25)	1.01*** (0.26)	0.81*** (0.26)
<b>Regional rail</b>	-0.62*** (0.22)	-0.55** (0.22)	-0.52** (0.21)	0.58*** (0.22)	0.75*** (0.22)	0.72*** (0.22)
<b>PT every day</b>	-0.45 (0.35)	-0.38 (0.35)	-0.27 (0.34)	0.31 (0.41)	0.40 (0.39)	0.35 (0.40)
<b>Seated trip</b>	0.76*** (0.18)	0.66*** (0.18)	0.76*** (0.18)	-0.29 (0.19)	-0.50** (0.20)	-0.37* (0.20)
<b>Motorized vehicle</b>	-0.20 (0.21)	-0.26 (0.21)	-0.26 (0.20)	-0.27 (0.22)	-0.41* (0.22)	-0.39* (0.22)
<b>Trip as wasted time</b>	-0.02 (0.18)	-0.00 (0.18)	-0.04 (0.18)	0.22 (0.20)	0.29 (0.20)	0.29 (0.20)
<b>Same travel zone</b>	0.45** (0.21)	0.50** (0.20)	0.52*** (0.20)	-0.32 (0.21)	-0.24 (0.22)	0.27 (0.22)
<b>Log-pseudolikelihood</b>	-578.4	-568.2	-531.4	-456.7	-438.5	-444.5

<b>Akaike Information Criterion</b>	1,192.9	1,176.3	1,102.9	947.5	915.1	926.9
<b>Bayesian Information Criterion</b>	1,268.8	1,260.7	1,187.2	1,019.2	995.2	1,007.1
<b>McKelvey &amp; Zavoina pseudo R<sup>2</sup></b>	18.6	22.2	34.5	19.9	27.3	24.5

Note: robust standard errors in brackets; \*\*\*: p<0.01; \*\*: p<0.05; \*: p<0.1.

**Table 2.15 – Determinants of TBMT in PT (ordered logit on 501 observations)**

<b>Dependent variable</b>	<b>ICTs tasks</b>	<b>ICTs tasks</b>	<b>ICTs tasks</b>	<b>Other tasks</b>	<b>Other tasks</b>	<b>Other tasks</b>
<b>Nb. of connectivity troubles</b>	-	0.69*** (0.13)	-	-	0.05 (0.12)	-
<b>Ultra-connected (vs. low-connected)</b>	-	-	2.43*** (0.32)	-	-	-2.17*** (0.33)
<b>Mixed (vs. low-connected)</b>	-	-	3.22*** (0.28)	-	-	0.33 (0.24)
<b>PT travel time (log)</b>	0.15 (0.14)	0.02 (0.14)	0.06 (0.14)	0.30* (0.16)	0.29* (0.17)	0.15 (0.17)
<b>Age</b>	-0.05*** (0.01)	-0.04*** (0.01)	-0.04*** (0.01)	0.02** (0.01)	0.02** (0.01)	0.00 (0.01)
<b>Male</b>	0.48*** (0.18)	0.44** (0.18)	0.38** (0.18)	-0.28 (0.20)	-0.28 (0.19)	-0.15 (0.20)
<b>Paris municipality inhabitant</b>	0.16 (0.25)	0.03 (0.25)	-0.06 (0.27)	0.40 (0.26)	0.39 (0.26)	0.31 (0.26)
<b>Master degree</b>	0.14 (0.20)	0.23 (0.20)	0.04 (0.20)	0.51** (0.22)	0.51** (0.22)	0.37 (0.23)
<b>Executive</b>	0.17 (0.21)	-0.04 (0.22)	-0.07 (0.22)	-0.17 (0.22)	-0.19 (0.23)	-0.06 (0.24)
<b>In couple</b>	-0.47* (0.25)	-0.39 (0.27)	-0.30 (0.25)	-0.20 (0.27)	-0.20 (0.27)	-0.23 (0.29)
<b>Children</b>	0.44** (0.20)	0.28 (0.21)	0.31 (0.21)	-0.48** (0.21)	-0.49** (0.22)	-0.53** (0.22)
<b>Subway</b>	-0.55** (0.22)	-0.78*** (0.23)	-0.76*** (0.24)	0.02 (0.25)	0.01 (0.25)	-0.05 (0.26)
<b>Regional rail</b>	-0.44** (0.21)	-0.61*** (0.21)	-0.30 (0.21)	0.49** (0.23)	0.49** (0.23)	0.42* (0.23)
<b>PT every day</b>	-0.14 (0.35)	-0.14 (0.33)	-0.08 (0.33)	0.44 (0.35)	0.45 (0.35)	0.17 (0.39)
<b>Seated trip</b>	0.51*** (0.17)	0.63*** (0.17)	0.47*** (0.17)	-0.03 (0.18)	-0.02 (0.18)	-0.01 (0.19)
<b>Motorized vehicle</b>	0.50*** (0.19)	0.57*** (0.19)	0.30 (0.20)	0.54*** (0.21)	0.55*** (0.21)	0.46** (0.22)
<b>Trip as wasted time</b>	-0.18 (0.17)	-0.26 (0.18)	-0.04 (0.17)	-0.24 (0.18)	-0.24 (0.18)	-0.15 (0.19)
<b>Same travel zone</b>	-0.28 (0.20)	-0.19 (0.20)	-0.16 (0.21)	-0.17 (0.19)	-0.17 (0.19)	-0.17 (0.20)

<b>Log-pseudolikelihood</b>	-1,069.8	-1,052.7	-989.1	-580.3	-580.2	-523.1
<b>Akaike Information Criterion</b>	2,189.6	2,157.3	2,032.2	1,196.6	1,198.5	1,086.2
<b>Bayesian Information Criterion</b>	2,295.0	2,267.0	2,146.1	1,272.5	1,278.6	1,170.5
<b>McKelvey &amp; Zavoina pseudo R<sup>2</sup></b>	19.3	24.5	42.5	9.3	9.4	30.1

Note: robust standard errors in brackets; \*\*\*: p<0.01; \*\*: p<0.05; \*: p<0.1.

## 6.4 Alternative valuation parameters

**Table 2.16 – Estimated  $ARTT_i$**

<b><math>ARTT_i</math> intervals (minutes)</b>	<b>&lt; 5</b>	<b>5-10</b>	<b>10-15</b>	<b>15-20</b>	<b>20-25</b>	<b>&gt; 25</b>	<b><math>ARTT_i</math></b>
<i>Chosen values for <math>ARTT_i</math></i>	0.0	7.5	12.5	17.5	22.5	25	-
<b>Whole sample</b>	58.8%	22.1%	6.0%	6.8%	2.0%	4.2%	5.1
<b>Travel time &lt; 30 minutes</b>	63.9%	20.2%	5.2%	5.7%	1.6%	3.4%	4.4
<b>Travel time &gt; 30 minutes</b>	54.6%	23.7%	6.7%	7.8%	2.3%	4.9%	5.7
<b>0 connectivity trouble</b>	80.6%	12.6%	2.5%	2.4%	0.6%	1.2%	2.1
<b>1 connectivity trouble</b>	64.4%	20.7%	5.0%	5.4%	1.5%	3.0%	4.2
<b>2 connectivity troubles</b>	48.2%	26.2%	7.7%	9.1%	2.8%	5.9%	6.6
<b>0-3 tasks with ICTs</b>	78.2%	13.9%	2.8%	2.8%	0.8%	1.5%	2.4
<b>4-6 tasks with ICTs</b>	61.8%	21.8%	5.4%	5.9%	1.7%	3.4%	4.6
<b>7-10 tasks with ICTs</b>	46.5%	26.5%	8.0%	9.7%	3.0%	6.4%	7.0
<b>0-1 trouble &amp; 0-3 tasks</b>	82.8%	11.3%	2.2%	2.1%	0.1%	0.1%	1.9
<b>2 troubles &amp; 7-10 tasks</b>	40.5%	27.9%	9.0%	11.2%	3.5%	7.7%	7.9
<b>Ultra-connected PT users</b>	58.6%	22.9%	6.0%	6.7%	1.9%	3.9%	5.0
<b>Low-connected PT users</b>	79.6%	13.0%	2.7%	2.7%	0.7%	1.4%	2.3
<b>Mixed PT users</b>	51.6%	24.9%	7.2%	8.4%	2.6%	5.4%	6.2

Source: authors' calculations from model (3) and model (5), Table 2.8.

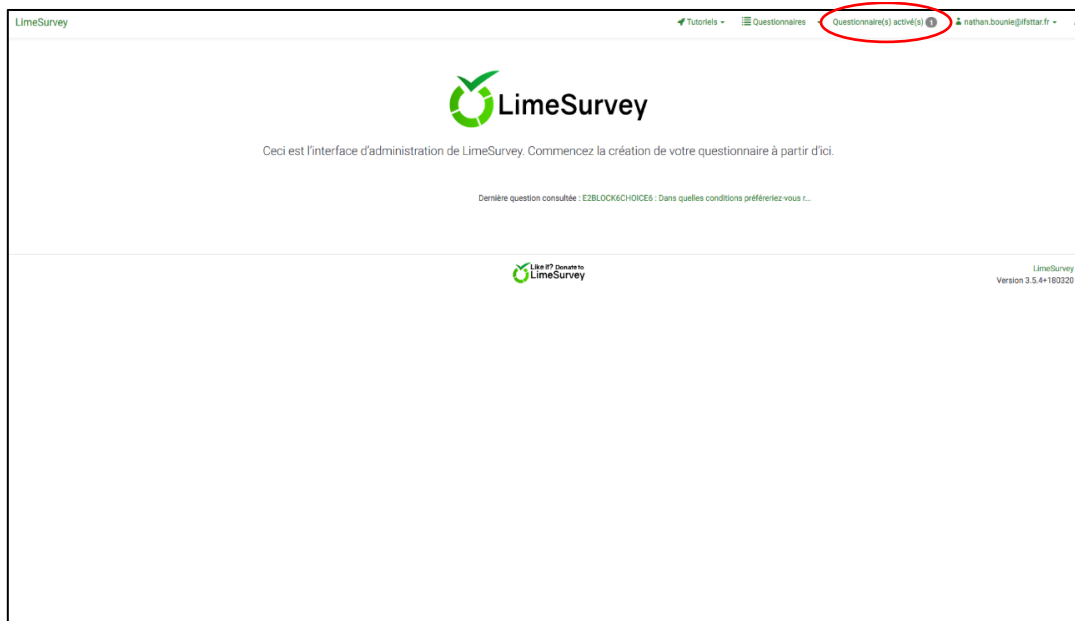
## 6.5 Le guide d'utilisation de Limesurvey

### **Connexion au service :**

- 1) Lien suivant : <https://surveys.ifsttar.fr/limesurvey/index.php/admin/authentication/sa/login>
- 2) Choisir « Méthode d'authentification » « LDAP »
- 3) Renseigner Adresse mail et Mot de passe IFSTTAR

### **Accéder aux principaux résultats du questionnaire :**

- 1) Sur l'interface principale, cliquer sur l'onglet « Questionnaire(s) activé(s) »





- 2) Cliquer ensuite sur le questionnaire « L'usage des technologies de l'information et de la communication pendant le temps de déplacement »

The screenshot shows the LimeSurvey interface with a list of questionnaires. The title of the selected questionnaire is circled in red.

ID du questionnaire	Statut	Titre	Groupes	Créé	Propriétaire	Réponses anonymisées	Partielles	Complet	Total	Groupes formés
481215	Actif	L'usage des technologies de l'information et de la communication pendant le temps de déplacement	Default Survey Group	05.04.2018	nathan.bounie@ifsttar.fr	Non	1464	302	1766	Non

- 3) Puis cliquer sur l'onglet « Réponses » et le sous-onglet « Réponses et Statistiques »

The screenshot shows the 'Réponses & Statistiques' page for questionnaire ID 481215. The 'Réponses & Statistiques' tab is circled in red.

**Résumé du questionnaire : L'usage des technologies de l'information et de la communication pendant le temps de déplacement (Identifiant (ID) 481215)**

**URL du questionnaire :**  
Français (Langage de base): <https://surveys.ifsttar.fr/limesurvey/index.php/481215?lang=fr>  
URL de fin: -  
Nombre de question(s)/groupe(s): 108/6

**Éléments de texte :**  
Description: -  
Accueil: L'IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux - porte u...  
Message de fin: -

**Paramètres généraux du questionnaire :**  
Administrateur: Nathan BOUNIE (nathan.bounie@ifsttar.fr)  
Fax à: -  
Thème: -

**Paramètres de publication et d'accès :**  
Date/Heure de lancement: -  
Date / heure d'expiration: -  
Listés publiquement: Non

**Paramètres du questionnaire :**  
Les réponses de ce questionnaire ne sont PAS anonymes.  
Présentation groupe par groupe.  
Les réponses seront datées.  
Les participants peuvent sauvegarder un questionnaire partiellement complété.

#### 4) Cliquer sur l'onglet « Exporter » et le sous-onglet « Exporter les réponses »

The screenshot shows the LimeSurvey interface for a survey titled "L'usage des technologies de l'information et de la communication pendant le temps de déplacement (481215)". The "Réponses et statistiques" tab is active. A red circle highlights the "Exporter" button in the top navigation bar. A dropdown menu is open, showing three options: "Exporter les réponses", "Exporter les réponses vers SPSS", and "Exporter vers un fichier de questionnaire VV". The main content area displays a "Résumé des réponses" table:

Catégorie	Nombre
Réponses complètes	302
Réponses incomplètes	1464
<b>Nombre total de réponses</b>	<b>1766</b>

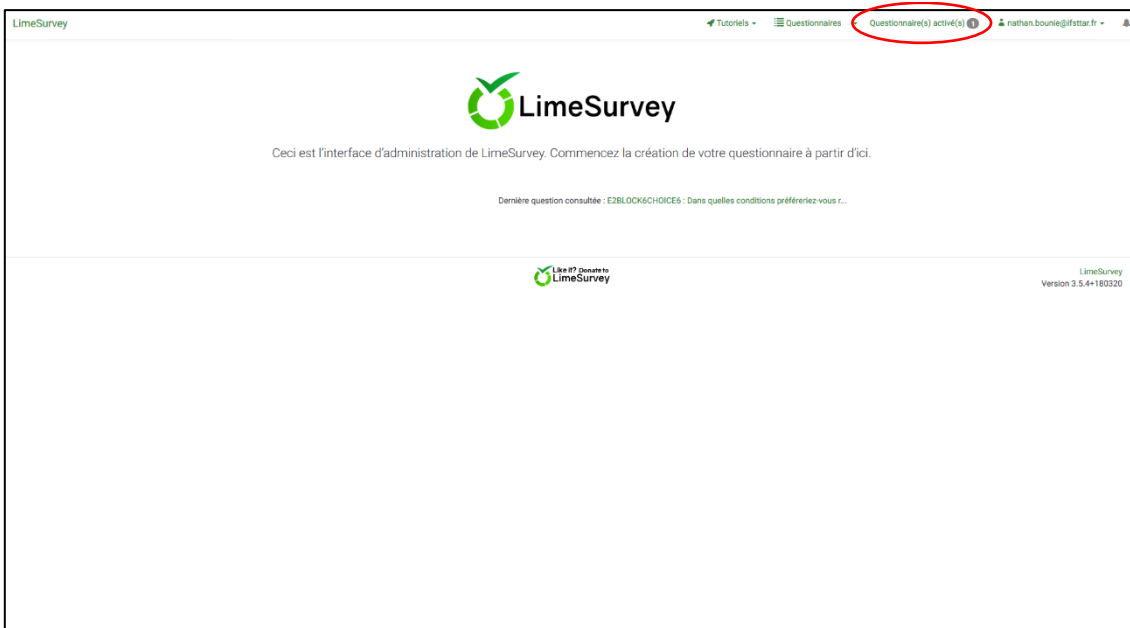
#### 5) Choisir le format d'exportation et cliquer sur le bouton « Exporter »

The screenshot shows the "Exporter les résultats" page in LimeSurvey. A red circle highlights the "Export" button in the top right corner. The page is divided into several sections for configuring the export:

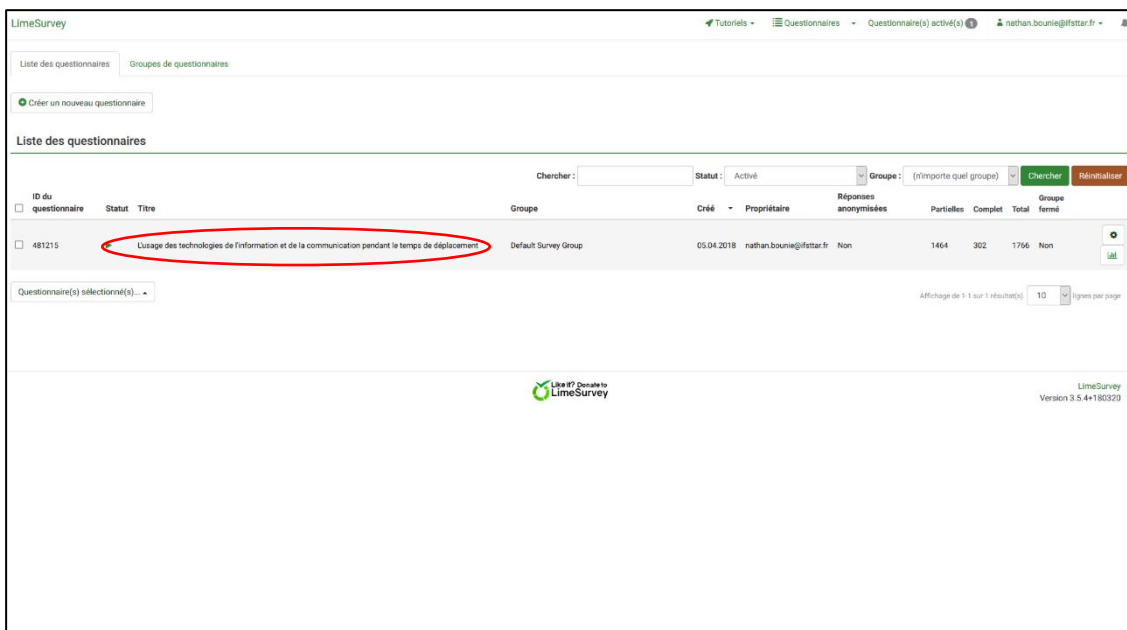
- Format:** Options include CSV (selected), Microsoft Excel, PDF, HTML, and Microsoft Word.
- Général:** "Etat d'achèvement" is set to "Toutes les réponses". "Langue de l'exportation" is set to "Français".
- Limites:** "De" is 44 and "à" is 1925.
- Réponses:** "Exporter les réponses en tant que" is set to "Codes de réponses".
- En-têtes:** "Exporter les questions en tant que" is set to "Code de la question".
- Colonnes:** A list of 309 columns is shown, with 309 columns selected for export.

## Désactiver le questionnaire :

- 1) Sur l'interface principale, cliquer sur l'onglet « Questionnaire(s) activé(s) »



- 2) Cliquer ensuite sur le questionnaire « L'usage des technologies de l'information et de la communication pendant le temps de déplacement »



### 3) Cliquer sur l'onglet « Arrêter ce questionnaire »

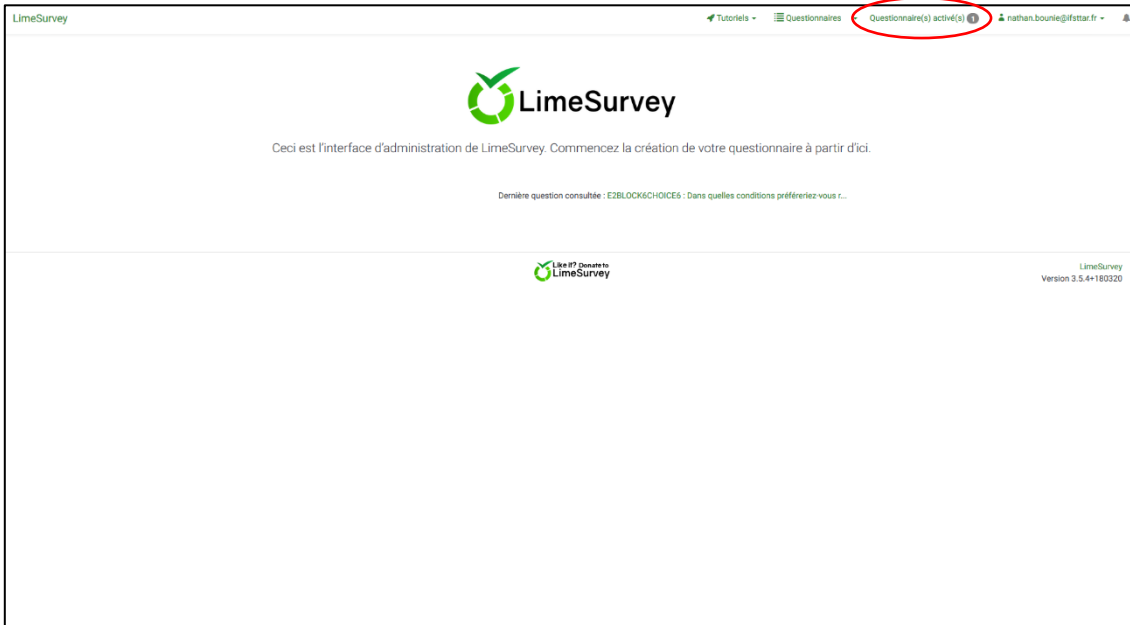
The screenshot shows the LimeSurvey administration interface for a questionnaire titled "L'usage des technologies de l'information et de la communication pendant le temps de déplacement (481215)". The top navigation bar includes "Tutoriels", "Questionnaires", "Questionnaire(s) activé(s)", and the user profile "nathan.bourne@ifsttar.fr". The main menu on the left has "Paramètres" and "Structure" tabs. The "Arrêter ce questionnaire" button is highlighted with a red circle. Other buttons include "Lancer le questionnaire", "Outils", "Affichage / Exportation", "Participants au questionnaire", and "Réponses". The main content area displays the questionnaire details, including the URL, language (French), and various parameters.

### 4) Choisir enfin l'option « Questionnaire expiré » permettant une réouverture future et une conservation des réponses

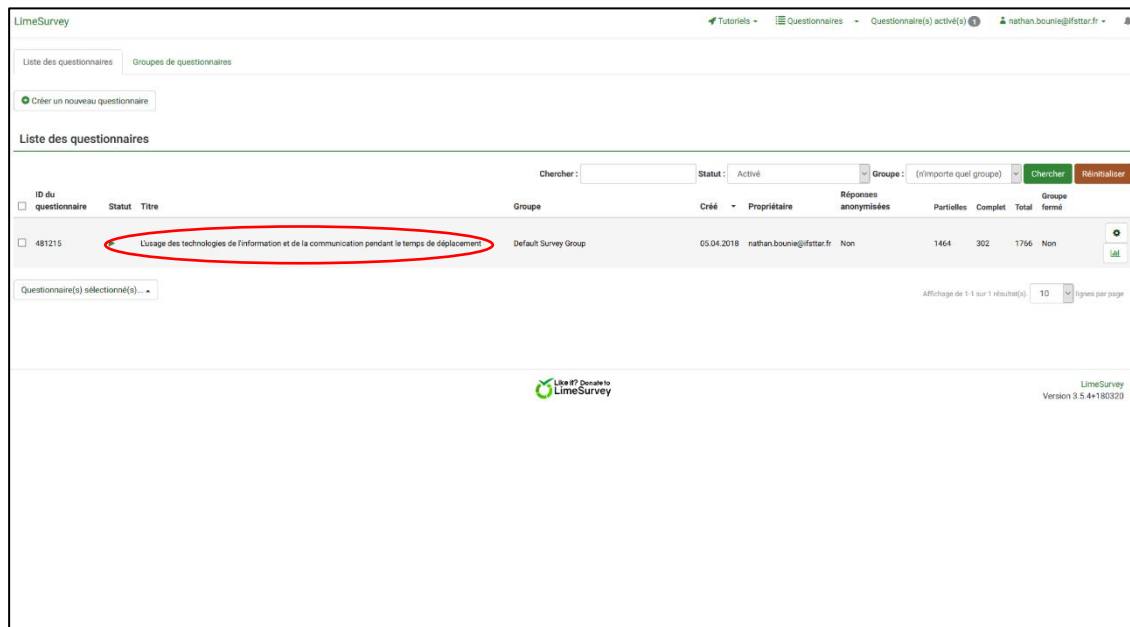
The screenshot shows the "Arrêter ce questionnaire(481215)" dialog box. The title is "Arrêter ce questionnaire(481215)" and the subtitle is "Avertissement : veuillez lire ceci attentivement avant de continuer !". The main text states: "Il y a deux façons d'arrêter un questionnaire. Veuillez lire attentivement les deux options ci-dessous et choisir celle qui vous convient." There are two sections: "Expiration" and "Désactivation". The "Expiration" option is highlighted with a red circle. The "Désactivation" option is also visible. At the bottom, there is an "Annuler" button.

## Changer la date d'expiration du questionnaire en cas de réouverture ou l'adresse mail de contact (message d'accueil) :

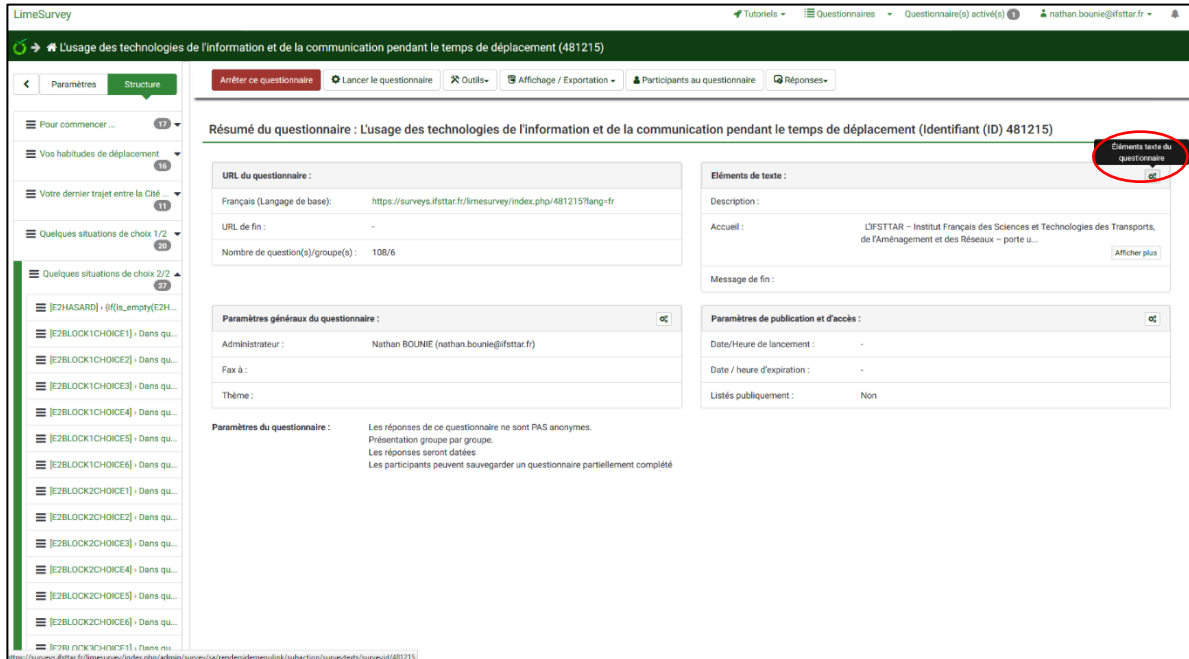
- 1) Sur l'interface principale, cliquer sur l'onglet « Questionnaire(s) activé(s) »



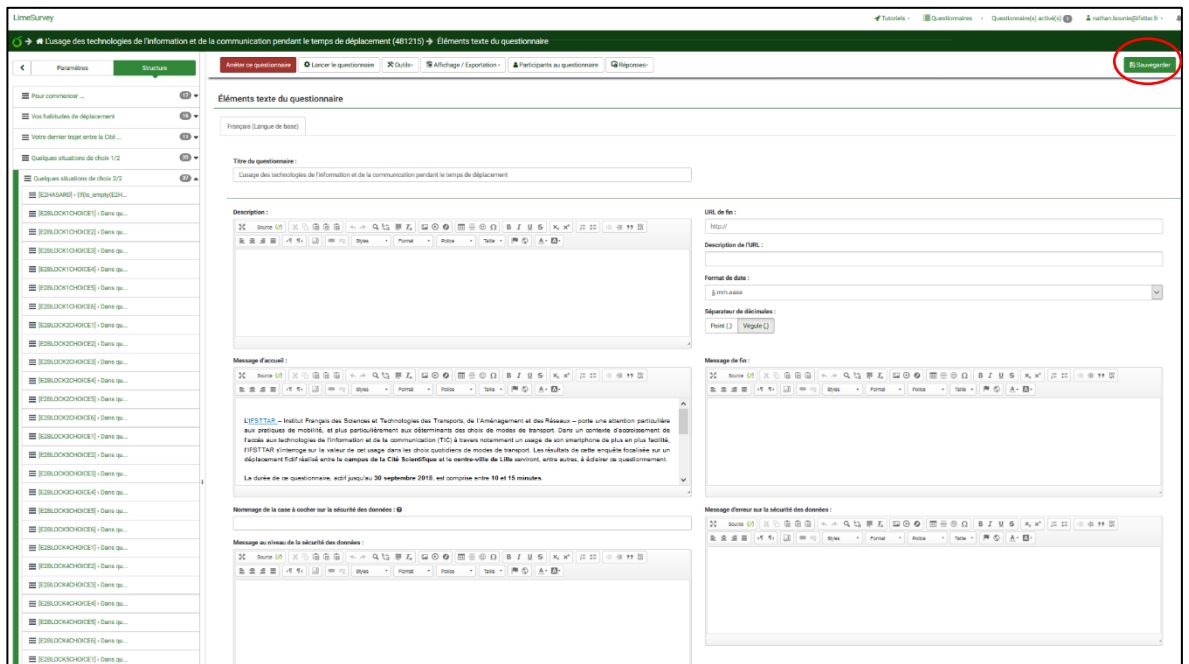
- 2) Cliquer ensuite sur le questionnaire « L'usage des technologies de l'information et de la communication pendant le temps de déplacement »



### 3) Cliquer sur les roues crantées « Eléments texte du questionnaire » du bloc « Eléments de texte »



### 4) Changer les éléments de texte et toujours penser à cliquer sur le bouton « Sauvegarder »



6.6 Carte de visite

<p><b>C'EST QUOI TON MODE DE TRANSPORT PRÉFÉRÉ ?</b></p>  <p><b>VIENS NOUS EN PARLER !</b></p>	 <p><b>NE PAS JETER SUR LA VOIE PUBLIQUE</b></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------









