

Enquête sur les choix relatifs aux comportements de mobilité 2021



IMPRESSUM

Editeur

Office fédéral de développement territorial (ARE)

Auteurs de la publication

Sylvie Gayda (Stratec, cheffe de projet)

Arseni Fedosseev (Stratec)

Mathilde Ruysen (Stratec)

Anne-Kathrin Bodenbender (Rapp)

Michael Steinle (Rapp)

Marco Kouwenhoven (Significance)

Michel Bierlaire (EPFL)

Accompagnement du projet

Antonin Danalet (ARE, chef de projet)

Andreas Justen (ARE)

Nicole A. Mathys (ARE)

Martin Babst (OFEN)

Patrick Bützberger (CFF)

Damien Cataldi (Canton de Genève)

Hanja Maksim (OFS)

Doris Ochsner (OFEV)

Sébastien Pearron (OFT)

Daniel Schaller (OFEN)

Manfred Zbinden (OFROU)

Production

Michael Furger, chef de la communication ARE

Distribution et accès aux données

Disponible sous forme électronique sur www.are.admin.ch/statedpreference

Mode de citation

Office fédéral du développement territorial (2022) : Enquête sur les choix relatifs aux comportements de mobilité 2021, Berne

RÉSUMÉ (EN, DE, FR, IT)	7
EXECUTIVE SUMMARY (EN)	7
ZUSAMMENFASSUNG (DE)	11
RÉSUMÉ (FR)	16
RIASSUNTO (IT)	21
1. OBJECTIFS DE L'ENQUETE SP 2020/2021	25
2. CONVENTIONS DE LANGAGE ET ABREVIATIONS	26
3. CONTENU ET PRINCIPES GENERAUX DU QUESTIONNAIRE SP	26
3.1. CONTENU GENERAL	26
3.2. LARGEUR DES INTERVALLES TESTES	27
3.3. NOMBRE DE NIVEAUX TESTES PAR ATTRIBUT	29
3.4. PRINCIPES DE TARIFICATION DE LA MOBILITE (<i>MOBILITY PRICING</i>) ET TRADUCTION DANS L'ENQUETE SP	29
3.4.1. Principe de tarification de la mobilité	29
3.4.2. Traduction du « Mobility Pricing » dans l'enquête SP 2021	30
4. DESIGN SP	32
4.1. EXERCICE SP 1 : CHOIX MODAL	32
4.1.1. Modes étudiés	32
4.1.2. Attributs étudiés	33
4.1.3. Attributs ayant une valeur fixe	36
4.1.4. Attributs relatifs au coût	36
4.1.5. Intervalles de valeur testés pour le surcoût aux heures de pointe et le prix TP	39
4.1.6. Attributs relatifs au temps routier	40
4.1.7. Intervalles de valeurs testés (ensemble des attributs)	41
4.1.8. Analyse des résultats du Pré-test 1 et ajustements – SP1	43
4.1.9. Ajustements du design SP1 suite au pré-test 2	43
4.2. EXERCICE SP 2 : CHOIX DE L'ITINERAIRE ROUTIER	44
4.2.1. Analyse des résultats du Pré-test 1 et ajustements – SP2	45
4.2.2. Ajustements du design SP2 suite au pré-test 2 (version finale)	46
4.3. EXERCICE SP3 : CHOIX DE L'ITINERAIRE TP	47
4.3.1. Analyse des résultats du Pré-test 1 et ajustements – SP3	50
4.3.2. Ajustements du design SP3 suite au pré-test 2	53
4.4. EXERCICE SP4 : CHOIX DE L'HEURE DE DEPART	53
4.4.1. Répondants auxquels l'exercice SP4 est administré	53
4.4.2. Design de l'exercice SP4 et variables étudiées	56

4.4.3. Intervalles de valeurs testés _____	59
4.4.4. Analyse des résultats du Pré-test 1 et ajustements – sp4 _____	62
4.4.5. Ajustements du design SP4 suite au pré-test 2 _____	62
4.4.6. Remarques liées à la modélisation _____	62
5. COMBINAISON DES EXERCICES SP ET TYPES DE QUESTIONNAIRES _____	63
6. PLANS EXPERIMENTAUX (PLANS FACTORIELS) _____	67
7. SELECTION DES DEPLACEMENTS DE REFERENCE _____	69
7.1. LES BESOINS DE LA MODELISATION EN TERMES DE REPRESENTATIVITE _____	69
7.2. METHODE DE SELECTION DES DEPLACEMENTS DE REFERENCE _____	71
7.2.1. Critères pour l'élaboration de l'algorithme _____	71
7.2.2. Première version de l'algorithme de sélection _____	74
7.2.3. Ajustements suite au pré-test 2 (version finale) _____	75
8. REGLES D'ATTRIBUTION DE VALEURS POUR LES CARACTERISTIQUES DES OPTIONS SP _____	76
8.1. ATTRIBUTS TIM _____	76
8.2. ATTRIBUTS TP _____	78
8.3. ATTRIBUTS DES MODES DOUX _____	82
8.4. LES ARRONDIS DES VALEURS AFFICHEES _____	83
9. PRE-TESTS 1 ET 2 _____	83
9.1. PREMIER PRE-TEST _____	83
9.1.1. Déroulement du pré-test 1 _____	83
9.1.2. Résultats et conclusions du pré-test 1 _____	84
9.2. DEUXIEME PRE-TEST _____	85
9.2.1. Déroulement du pré-test 2 _____	85
9.2.2. Résultats et conclusions du pré-test 2 _____	85
10. ENQUETE PRINCIPALE _____	86
10.1. DEROULEMENT DE L'ENQUETE _____	86
10.2. CONTROLES SUR LES DONNEES _____	87
10.2.1. Analyse de la durée de remplissage du questionnaire _____	87
10.2.2. Caractéristiques socio-économiques des participants _____	89
10.2.3. Distribution des valeurs de référence des variables SP _____	93
10.2.4. Analyse sur les réponses aux questions SP - réponses incomplètes et non-traders _____	104
10.2.5. Erreur trouvée dans le SP4 _____	109
10.3. MODELES PRELIMINAIRES _____	110
10.3.1. SP2 – Choix de l'itinéraire routier _____	110

10.3.2. SP3 – Choix de l’itinéraire de transport public _____	117
10.3.3. SP1 – Choix modal _____	123
10.3.4. SP4 – Choix de l’heure de départ _____	127
10.3.5. Modèle joint _____	130

11. ANNEXE 1 - QUESTIONNAIRES _____ 133

11.1. QUESTIONNAIRE RP DU PREMIER PRE-TEST _____	133
11.1.1. Introduction _____	133
11.1.2. Caractéristiques personnelles _____	133
11.1.3. Description d’un déplacement récent _____	134
11.2. QUESTIONNAIRE SP DU PREMIER PRE-TEST _____	136
11.2.1. Principes généraux _____	136
11.2.2. Lettre de contact _____	137
11.2.3. SP1 - Choix d’un moyen de transport _____	139
11.2.4. SP2 - Choix d’un itinéraire en voiture privée _____	142
11.2.5. SP3 – Choix d’un itinéraire par les transports publics _____	143
11.2.6. SP4 – Choix de l’heure de départ _____	146
11.2.7. Remerciements _____	149
11.2.8. Annexe _____	149
11.3. QUESTIONNAIRE SP SUITE AU PRE-TEST 2 (VERSION FINALE) _____	151
11.3.1. Principes généraux _____	151
11.3.2. Lettre de contact _____	151
11.3.3. Début du questionnaire _____	153
11.3.4. SP1 - Choix d’un moyen de transport _____	153
11.3.5. SP2 - Choix d’un itinéraire en voiture privée _____	157
11.3.6. SP3 – Choix d’un itinéraire par les transports publics _____	158
11.3.7. SP4 – Choix de l’heure de départ _____	161
11.3.8. Remerciements _____	164
11.3.9. Annexe - illustration « charge de fréquentation » _____	164

12. ANNEXE 2 – ANALYSE DU PRE-TEST 2 _____ 166

12.1. CONTROLE SUR LES DONNEES RECUEILLIES _____	166
12.1.1. Valeurs de référence utilisées pour le calcul des valeurs dans les questions SP _____	166
12.1.2. Construction des questions SP à partir des plans factoriels _____	177
12.1.3. Traders / non-traders _____	180
12.1.4. Sélection des déplacements de référence _____	184
12.2. PRELIMINARY MODELS _____	191
12.2.1. SP1 – Mode choice _____	191
12.2.2. SP2 – Route choice - Car _____	194
12.2.3. SP3 – Route choice – Public transport _____	199
12.2.4. SP4 – Time of day _____	201
12.2.5. Design adaptations _____	204

13. ANNEXE 3 – REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES VARIABLES DES MODELES DE CHOIX MODAL _____ 205

13.1. INTRODUCTION _____	205
13.2. MODÈLES DE CHOIX MODAL _____	206
13.2.1. Modes de transport considérés _____	206
13.2.2. Théorie des choix discrets _____	207
13.3. PRÉFÉRENCES DÉCLARÉES (SP) ET RÉVÉLÉES (RP) _____	209
13.3.1. Disponibilité des données _____	209
13.3.2. Discussion des approches SP et RP _____	209
13.3.3. Combinaison des approches RP et SP _____	213
13.4. CHOIX DES ATTRIBUTS POUR L'ENQUÊTE SP _____	214
13.4.1. Attributs intervenant dans le choix modal _____	214
13.4.2. Attributs intervenant dans le choix d'itinéraire routier et dans le choix d'itinéraire de transport public _____	214
13.4.3. Attributs dans l'enquête SP 2021 _____	215
13.5. CONCLUSIONS _____	219
13.6. RÉFÉRENCES _____	221

14. ANNEXE 4 - REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES MODÈLES DE CHOIX DE L'HEURE DE DÉPART _____ 224

14.1. INTRODUCTION _____	224
14.1.1. Objectifs des modèles de choix de l'heure _____	224
14.1.2. Objectifs de l'enquête SP 2021 _____	224
14.1.3. Contenu de la revue de la littérature _____	225
14.2. MODELES DE CHOIX DE L'HEURE _____	225
14.2.1. Type de données utilisées _____	225
14.2.2. Segmentation _____	227
14.2.3. Traitement de l'heure de départ _____	227
14.2.4. Structure du modèle de choix _____	231
14.3. ENQUETES SP _____	232
14.3.1. Échantillon _____	232
14.3.2. Questions RP _____	232
14.3.3. Le design SP _____	233
14.3.4. Les attributs _____	234
14.4. EXEMPLES D'INTEGRATION DU CHOIX DE L'HEURE DANS DES MODELES A 4 ETAPES _____	236
14.4.1. The Ørestad Traffic Model (OTM) _____	236
14.4.2. PRISM West Midlands _____	237
14.4.3. The Netherlands National Model System (NMS) _____	237
14.5. CONCLUSION _____	238

RÉSUMÉ (EN, DE, FR, IT)

Executive summary (EN)

Abstract

In 2021, after being deferred for a year on account of the pandemic, a stated preference (SP) survey on mobility behaviour and choices was conducted in addition to the Mobility and Transport Microcensus (MTMC). As in 2010 and 2015, this SP survey focused on respondents' choice of routes and transport modes. For the first time, the 2021 survey also included their choice of departure time and placed a special focus on mobility pricing. The data thus gathered can be used to answer certain transport policy questions and to estimate choice models regarding the mode of transport, route and departure time. This in turn serves as a basis for developing and updating national and cantonal transport models and for configuring analyses, such as a cost-benefit analysis.

Executive summary

Introduction

Every five years, the Federal Statistical Office (FSO) and the Federal Office for Spatial Development (ARE) conduct the Mobility and Transport Microcensus (MTMC), which provides a representative snapshot of Switzerland in terms of travellers' demographic and socio-economic profiles and the attributes of the trips they make. The most recent MTMC was scheduled for 2020 but had to be postponed to 2021 because of the COVID-19 pandemic and the mobility restrictions in place. As in 2010 and 2015, the MTMC was again supplemented by a stated preference (SP) survey. This survey was carried out on behalf of ARE, supported by the federal offices responsible for roads (FEDRO), transport (FOT), energy (SFOE) and the environment (FOEN) and also the Swiss Federal Railways (SBB).

The stated preference method entails asking people to choose between several options (e.g. different transport modes) in hypothetical scenarios ('What would you choose if...?'). Once the variables (e.g. travel time) and the levels of these variables have been defined, the questions are designed using mathematical rules to estimate the specific impact of each variable in isolation. Therefore, by analysing the responses, it is possible to quantify the impact of each attribute (e.g. travel time, travel cost, comfort level) on the respondents' choice and to develop econometric models known as choice models.

Objectives of the survey

The 2021 SP survey covers the respondents' choice of transport mode and choice of road or public transportation route, as in the previous surveys from 2010 and 2015, as well as their choice of departure time – a new feature of the 2021 survey. The overall aim of the survey is to gather stated preference data in order to update national, cantonal and SBB transport models and thus analyse a range of transport policies, in particular mobility pricing policies. The goal of mobility pricing, as defined by the

federal government, ¹ is to make better use of available capacity and reduce congestion, whether on the road network or in public transportation.

The updated transport models will be used to generate traffic scenarios in response to transport policies or investments. These, in turn, will feed into cost-benefit analyses, which ultimately allow public authorities to weigh up the interest of a given policy or investment for the community. The quality of the stated preference survey is therefore crucial: it plays a role in ensuring that models capture users' actual mobility behaviour as accurately as possible and that public decision-making has a sound basis.

The 2021 SP survey also strives as far as possible to maintain comparability with previous surveys so that changes in behaviour over time can also be studied. For this reason, the content of the questionnaire and the mode of administration are largely based on those of the 2015 SP survey.

Recruitment and sampling

The SP survey was based on a representative sample of the Swiss population. To this end, a certain number of those who participated in the MTMC were selected. At the end of the MTMC phone interview, these respondents were asked whether they would be willing to participate in an additional survey on their choice of transport mode for one of the trips previously mentioned. All those who agreed and met the eligibility criteria for the SP survey (see Chapter 7) were sent a questionnaire.

Mode of administration

While the previous surveys were conducted in paper form only, the 2021 survey had a mixed mode of administration: the survey was conducted mainly online, but a paper version of the questionnaire was available by post for those respondents who requested one.

Content of the survey

The content of the questionnaire is largely based on that of the 2015 survey regarding the section on transport mode choices, road route choices and public transportation route choices. However, in order to test the use of mobility pricing policies, the choice questions included some new variables such as a travel surcharge or a peak-hours surcharge. The models to be developed from the survey data have to be able to test pricing policies that are differentiated by location (congested versus uncongested areas) and time of use (peak versus off-peak hours); this was factored into the survey design. In addition, a new set of SP questions on the choice of departure time was added to the questionnaire to gain a better understanding of the factors determining respondents' choice of time and to analyse the impact of a specific peak period pricing.

In the SP survey, all choice questions (choice of mode, route, departure time) relate to a real trip made by the respondent and previously mentioned in the MTMC. As such, the questionnaires are customised

¹ Mobility pricing: Efficiency analysis based on the example of the Zug region and clarifications regarding technical feasibility and data protection – Report for the Federal Council, DETEC, 13 December 2019 (available in German, French and Italian)

and refer to realistic situations. The questionnaires were generated by first selecting one trip from the set of trips described in the MTMC for each respondent who agreed to participate in the SP survey.

An algorithm was thus developed to select the reference trip to gather sufficient data on all reasons for travel (e.g. work, education, business travel, shopping, leisure) and to capture information that is representative, varied and interesting for modelling purposes (to this end, the shortest trips were excluded and longer trips were favoured, see Section 7.2.1).

A series of choice questions on a topic is called an SP exercise. Four SP exercises were thus created:

- SP1 exercise: on the choice of transport mode
- SP2 exercise: on the choice of road route
- SP3 exercise: on the choice of public transportation route
- SP4 exercise: on the choice of departure time (combined with the choice of mode).

Each SP exercise consisted of six questions. The respondents were each presented with one, two or three SP exercises (i.e. at most SP1, SP2 or SP3, and SP4). In other words, respondents were given a maximum of 18 stated preference questions.

As the questions to be asked depended on the mode currently used for the reference trip, the distance class of the trip, the time period of the trip (peak/off-peak), whether or not the person owned a car and other survey-related parameters, 38 different types of questionnaires were generated, which were translated into three languages, German, French and Italian.

Raw survey data

The main survey was conducted in three waves: June–July 2021, September 2021 and November–December 2021. The data from the main survey was supplemented by the data from a pre-test carried out in April 2021, which could be integrated into the final database as the questionnaire had changed very little between the pre-test and the main survey.

In total (main survey and pre-test), 4,341 questionnaires were generated and sent out. Of these, 3,553 completed surveys were returned, corresponding to a participation rate of 82% (it should be noted that people had given their consent at the end of the MTMC telephone survey to be questioned about their mobility behaviour). The initial target of 4,000 surveys (set before the COVID-19 crisis) was therefore not quite reached, but the sample size is still more than sufficient to estimate the desired choice models.

Of the 3,553 questionnaires received, 71% (2,517) were completed online and 29% (1,036) in paper form.

Data analysis

The following analyses were carried out on the database:

- Distribution of time taken to complete the questionnaire (for those completed online)
- Distribution of respondents' demographic and socio-economic profile (age, gender, educational attainment, socio-professional category – information based on the MTMC data)
- Distribution of reference trip attributes, by mode (time, cost, cost/hour, cost/km, distance, speed, number of public transportation changes and public transportation frequency)

- Analysis of replies to SP questions: percentage of non-traders for each SP exercise (non-traders are respondents who consistently choose the same option throughout an exercise, e.g. people who always choose the same mode in the SP1 exercise).

All the analyses showed that the data gathered is generally of good quality. The representativeness of the sample from a socio-demographic point of view and the plausibility of the trip attributes were verified and confirmed.

Preliminary choice models were also estimated, again to check that the quality of the data gathered is sufficiently high to estimate correct, robust models with plausible and significant coefficients. This study thus uses relatively simple models that aim to verify the quality of the data rather than sophisticated models seeking to model the complexity and nuances of behaviours.

With this in mind, separate models were first estimated for each SP exercise, followed by joint models, and finally a model combining all four SP exercises. The models are multinomial and essentially linear.

In these preliminary models, the vast majority of coefficients have the expected sign and magnitude and are significant. The time values from these models are also of the expected order of magnitude. For the few coefficients that have lower-than-expected values or are not significant at this stage, further investigations can be carried out with more sophisticated models, in particular with non-linear formulations.

The overall conclusion from the preliminary models is that the data gathered is of good quality and will allow for more sophisticated model estimations.

Conclusion and outlook

The care taken in designing the questionnaire and conducting the survey has resulted in an SP database containing a wealth of quality information. This database can now serve as a basis for further analysis and for developing more sophisticated choice models, which can be used for the following:

- Analysis of preferences and mobility behaviours, including a comparison with 2010 and 2015 data and thus an analysis of how preferences and behaviours have evolved over time
- Updating of federal, cantonal and SBB transport models and their use for scenario studies (e.g. the Transport Outlook at the Confederation)
- Evaluation of transport policies and transport infrastructure projects.

Zusammenfassung (DE)

Abstract

Nach einer pandemiebedingten Verzögerung wurde 2021 zum dritten Mal eine an den Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV) gekoppelte Befragung zu den sogenannten *stated preferences* (SP, *angegebenen Präferenzen*) im Mobilitätsverhalten durchgeführt. Wie in den Jahren 2010 und 2015 wurden dabei Daten zur Verkehrsmodus- und Routenwahl erhoben. Neu enthielt die Befragung 2021 die Wahl der Abfahrtszeit. Ein besonderer Akzent wurde zudem auf das Mobility Pricing gelegt. Die erhobenen Daten lassen sich vor allem zur Beantwortung verkehrspolitischer Fragestellungen und für die Schätzung von Modellen zur Verkehrsmodus-, Routen- und Abfahrtszeitwahl nutzen. Sie dienen also u. a. zur Weiterentwicklung und Aktualisierung von nationalen und kantonalen Verkehrsmodellen sowie zur Parametrisierung von Kosten-Nutzen-Analysen.

Zusammenfassung

Einleitung

Alle fünf Jahre führen die Bundesämter für Statistik (BFS) und Raumentwicklung (ARE) den Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV) durch. Er ist sowohl bezüglich der demografischen und sozioökonomischen Merkmale der Verkehrsteilnehmenden als auch der Merkmale der Wege, die sie zurücklegen, repräsentativ für die Schweiz. Der jüngste MZMV war ursprünglich für 2020 vorgesehen. Wegen der Coronavirus-Pandemie und der mobilitätseinschränkenden Massnahmen zur Pandemieeindämmung musste er jedoch auf 2021 verschoben werden. Wie in den Jahren 2010 und 2015 wurde der MZMV erneut an eine auf sogenannten *stated preferences* (SP, *angegebenen Präferenzen*) beruhende Befragung gekoppelt. Diese Befragung wurde im Auftrag des ARE und mit der Unterstützung der Bundesämter für Strassen (ASTRA), für Verkehr (BAV), für Energie (BFE) und Umwelt (BAFU) sowie der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) durchgeführt.

Bei der Stated-Preference-Befragung (SP-Befragung) werden Fragen zur Wahl zwischen verschiedenen Alternativen (z. B. verschiedenen Verkehrsmitteln) in hypothetischen Angebots-szenarien («*Was würden Sie wählen, wenn ...?*») gestellt. Sind die Variablen (z. B. Fahrtzeit) und deren Niveaus einmal festgelegt, werden die Fragen nach mathematischen Regeln ausgestaltet mit dem Ziel, die Wirkung jeder einzelnen Variable für sich genommen genau schätzen zu können. Die Auswertung der Antworten ermöglicht es, die quantitativen Effekte der einzelnen Variablen (Fahrtzeit, Billettpreis, Komfort usw.) auf die Wahl der Befragten zu ermitteln und daraus ökonometrische Entscheidungsmodelle zu entwickeln.

Ziele

Wie schon 2010 und 2015 befasst sich die SP-Befragung 2021 mit der Wahl des Verkehrsmodus und der Routenwahl im motorisierten Individualverkehr (MIV) oder im öffentlichen Verkehr (öV). Als

Neuerung wurde in der Befragung 2021 zusätzlich die Wahl der Abfahrtszeit eingeführt. Das Hauptziel der Befragung ist das Sammeln von Daten zu *stated preferences* (angegebenen Präferenzen), die zur Aktualisierung der Verkehrsmodelle des Bundes, der Kantone sowie der SBB verwendet werden, um damit die Auswirkungen einer ganzen Reihe verkehrspolitischer Stossrichtungen und insbesondere von Ansätzen für die Bepreisung (Mobility Pricing) untersuchen zu können. Das angestrebte Ziel des *Mobility Pricing, so wie es vom Bund definiert wird*², ist eine gleichmässige Kapazitätsauslastung und die Verringerung der Überlastung des Strassennetzes oder in den Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs.

Die auf diese Weise aktualisierten Verkehrsmodelle lassen sich für die Analyse von Verkehrsszenarien, die die Wirkungen verkehrspolitischer Massnahmen oder Investitionen in den Verkehr zum Gegenstand haben, nutzen. Die Ergebnisse der Szenarien fliessen wiederum in Kosten-Nutzen-Analysen ein, die es der öffentlichen Hand ermöglichen, den Nutzen bestimmter politischer Entscheidungen oder einer Investition für die Gesellschaft zu bewerten. Deshalb ist die Qualität der SP-Befragung von ausschlaggebender Bedeutung. Eine hohe Qualität trägt dazu bei, dass die Modelle das Verkehrsverhalten der Nutzerinnen und Nutzer so realistisch wie möglich abbilden und als solide Grundlage für die Bewertung verkehrspolitischer Entscheidungen dienen können.

Eines der Ziele der SP-Befragung 2021 war auch, eine Vergleichbarkeit mit den früheren Erhebungen aufrechtzuerhalten, um die Veränderungen des Verkehrsverhaltens über die Zeit untersuchen zu können. Daher orientieren sich der Inhalt des Fragebogens und die Art der Abwicklung im Wesentlichen an der SP-Befragung von 2015.

Rekrutierung und Personenstichprobe

Die SP-Befragung basiert auf einer für die Schweiz repräsentativen Personenstichprobe. Dazu wurde eine bestimmte Anzahl von Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Befragung zum MZMV rekrutiert. Diese Personen wurden am Ende des telefonischen Interviews für den MZMV gefragt, ob sie bereit wären, an einer Untersuchung zur Wahl des Verkehrsmittels zu einem im soeben durchgeführten Interview berichteten Weg teilzunehmen. Alle Personen, die ihr Einverständnis dazu gaben und die Eignungskriterien für die Teilnahme an der SP-Befragung (s. Kap. 7) erfüllten, erhielten einen Fragebogen.

Durchführung der Befragung

Während die früheren Befragungen ausschliesslich in Papierform stattfanden, wurde für die Befragung 2021 ein gemischter Modus gewählt. Die Befragung wurde hauptsächlich online durchgeführt und denjenigen Befragten, die den Fragebogen in Papierform wünschten, wurde dieser per Post zugeschickt.

Inhalt der Befragung

² Mobility Pricing, Wirkungsanalyse am Beispiel der Region Zug sowie Abklärungen zu technischer Machbarkeit und Datenschutz – Bericht an den Bundesrat – UVEK, 13. Dezember 2019

Inhaltlich ist der Teil des Fragebogens betreffend die Wahl des Verkehrsmittels und die Routenwahl im MIV oder im öV eng an jenen der Befragung des Jahres 2015 angelehnt. Jedoch wurden die Wahlsituationen im Hinblick auf die Erprobung von Mobility-Pricing-Systemen um einige neue Variablen angereichert, um einen Kostenzuschlag für den Weg oder einen Preisaufschlag für Fahrten zu Spitzenzeiten. Mit den aus den Daten der Befragung generierten Schätzmodellen sollen räumlich (Räume mit Verkehrsüberbelastung versus Räume ohne Verkehrsüberlastung) und zeitlich (Spitzenzeiten versus Randzeiten) differenziert ausgestaltete Mobility-Pricing-Systeme untersucht werden können. Diese Zielsetzung wurde bei der Konzipierung der Befragung berücksichtigt. Zusätzlich wurde eine Reihe neuer Fragen zur Wahl der Abfahrtszeit in den Fragebogen aufgenommen, um zu verstehen, welche Faktoren für die Abfahrtszeitwahl ausschlaggebend sind und wie sich eine spezifische Bepreisung zu Spitzenzeiten auswirkt.

In der SP-Befragung beziehen sich alle Fragen, die eine Wahl (Verkehrsmittel, Route, Abfahrtszeit) beinhalten, auf einen in der Vergangenheit tatsächlich zurückgelegten und im MZMV berichteten Weg. Die Fragebögen sind in dieser Hinsicht «personalisiert» und schlagen realistische Situationen vor. Um die Fragebögen zu generieren, musste zunächst für jede Person, die ihre Einwilligung zur Teilnahme an der SP-Befragung gegeben hatte, aus den im Rahmen des MZMV berichteten Wegen eine Auswahl getroffen werden.

Dazu wurde ein Algorithmus zur Auswahl des Referenzwegs entwickelt. Dieser wählt ausreichend Fahrten mit allen Zwecken (Arbeit, Ausbildung, geschäftliche Tätigkeiten, Einkauf, Freizeit), stellt eine repräsentative Auswahl mit genügend Streuung sicher und liefert interessante Daten für die Verkehrsmodellierung (zu diesem Zweck wurden die kürzesten Wege ausgeschlossen und die längeren Wege bevorzugt, s. dazu Kap. 7.2.1).

Eine Reihe von Auswahlfragen zu einem bestimmten Thema wird als SP-Experiment bezeichnet. Es wurden vier SP-Experimente konstruiert:

- SP-Experiment 1 (SP1): zur Wahl des Verkehrsmittels
- SP-Experiment 2 (SP2): zur Routenwahl im MIV
- SP-Experiment 3 (SP3): zur Routenwahl im öV
- SP-Experiment 4 (SP4): zur Wahl der Abfahrtszeit (in Kombination mit der Verkehrsmittelwahl)

Zu jedem SP-Experiment gehörten sechs Fragen. Jeder und jedem Befragten wurde ein, zwei oder drei SP-Experimente zugewiesen (d. h. maximal SP1, SP2 oder SP3 sowie SP4). Somit erhielten die Befragten maximal 18 Fragen vorgelegt, um ihre Präferenzen anzugeben.

Weil die gestellten Fragen abhängig sind von den Eigenschaften des Referenzwegs, also dem genutzten Verkehrsmittel, der Distanzklasse, vom Zeitpunkt (zu Spitzenzeiten, Randzeiten), dem Besitz oder Nichtbesitz eines Personenwagens und von einigen weiteren befragungsbezogenen Parametern, führte dies zur Generierung von 38 unterschiedlichen Arten von Fragebögen, die ins Deutsche, Französische und Italienische übersetzt wurden.

Rohergebnisse der Erhebung

Die Hauptbefragung wurde in drei Wellen im Juni/Juli, September und Dezember 2021 durchgeführt. Den mit der Hauptbefragung erhobenen Daten wurden die Daten aus einem im April 2021 durchgeführten Pretest hinzugefügt. Diese konnten in die endgültige Datenbank übernommen werden, weil der Fragebogen des Pretests für die Haupterhebung nur geringfügig angepasst wurde.

Insgesamt wurden (für Pretest und Haupterhebung) 4341 Fragebögen erstellt und versandt. Davon wurden 3553 ausgefüllt zurückerhalten, was einem Rücklauf von 82 % entspricht (zur Erinnerung: die Personen erteilten die Einwilligung, Fragen zu ihrem Mobilitätsverhalten zu beantworten, am Ende eines telefonischen Interviews zum MZMV). Das ursprüngliche (vor der Corona-Krise festgelegte) Ziel von 4000 Befragungen wurde damit zwar nicht ganz erreicht, dennoch ist die Stichprobe ausreichend gross, um die gewünschten Entscheidungsmodelle zu schätzen.

Von den 3553 zurückerhaltenen Fragebögen wurden 71 % (2517) online und 29 % (1036) auf Papier ausgefüllt.

Datenanalyse

Auf der Grundlage der erhobenen Daten wurden die folgenden Analysen durchgeführt:

- Verteilung der aufgewendeten Zeit für das Ausfüllen des Online-Fragebogens;
- Verteilung der demografischen und sozioökonomischen Eigenschaften der befragten Personen (Alter, Geschlecht, Ausbildungsniveau, berufliche Stellung – Informationen, die aus den MZMV-Daten übernommen wurden);
- Verteilung der Merkmale des Referenzwegs nach Verkehrsmittel (Fahrzeit, Fahrtkosten, Kosten pro Stunde, Kosten pro Kilometer, Distanz, Geschwindigkeit, Anzahl Umstiege und Häufigkeit von Verbindungen im öV);
- Analyse der Antworten auf die SP-Fragen: Anteil der Non-Trader-Befragungsteilnehmenden zu jedem SP-Experiment in Prozenten (als Non-Trader werden Befragte bezeichnet, die in einem Experiment durchwegs dieselbe Alternative wählen, d. h. in SP-Experiment 1 zum Beispiel immer das gleiche Verkehrsmittel ankreuzen).

Alle Analysen zeigten, dass die Qualität der erhobenen Daten insgesamt hoch ist. Die Repräsentativität der Stichprobe bezogen auf die soziodemografischen Eigenschaften der Befragten und die Plausibilität der Merkmale der Wege wurden geprüft und bestätigt.

Es wurden Testmodelle geschätzt, um zu prüfen, ob die Qualität der erhobenen Daten ausreicht, um korrekte und robuste Modelle mit plausiblen und signifikanten Parametern schätzen zu können. In dieser Studie wurden relativ einfache Modelle verwendet, die dazu dienen, die Datenqualität zu prüfen; es handelt sich nicht um ausgereifte Modelle, mit denen sich die ganze Komplexität und die Verhaltensnuancen abbilden lassen.

Es wurden für jedes SP-Experiment zunächst spezifische Modelle geschätzt, danach ein gemeinsames Modell und schliesslich ein Modell, in dem die vier SP-Experimente miteinander kombiniert sind. Die verwendeten Modelle sind multinominal und im Wesentlichen linear.

In diesen Testmodellen weisen die meisten Parameter die erwarteten Vorzeichen auf, geben plausible Grössenordnung an und sind statistisch signifikant. Auch die Zeitwerte aus diesen Modellansätzen bewegen sich im Rahmen der erwarteten Grössenordnungen. Zu einigen Parametern, deren Werte

tiefer als erwartet ausfallen oder die nicht signifikant sind, müssen weitergehende Analysen mit ausgereifteren Modellen und insbesondere nichtlinearen Ansätzen durchgeführt werden.

Allgemein lässt sich aus diesen Testmodellen folgern, dass die erhobenen Daten eine hohe Qualität aufweisen und als Grundlage für die Schätzung ausgereifter Modelle herangezogen werden können.

Fazit und Ausblick

Dank der sorgfältigen Konzipierung und Durchführung der Befragung konnte eine SP-Datenbank erstellt werden, die umfangreiche Informationen von hoher Qualität liefert. Diese Datenbank steht nun für weitergehende Analysen zur Verfügung. Sie dient als Datengrundlage für die Entwicklung von ausgereifteren Entscheidungsmodellen, die verwendet werden können für:

- die Analyse von Präferenzen und Verhaltensweisen in der Mobilität, einschliesslich des Vergleichs mit den 2010 und 2015 erhobenen Daten, und damit eine Langfristanalyse der Entwicklung von Präferenzen und Verhaltensweisen;
- die Aktualisierung der Verkehrsmodelle des Bundes, der Kantone und der SBB sowie deren Anwendung für die Untersuchung von Szenarien (für den Bund zum Beispiel die Schweizerischen Verkehrsperspektiven);
- die Beurteilung von verkehrspolitischen Massnahmen und Infrastrukturvorhaben.

Résumé (FR)

Abstract

En 2021, après un report d'une année liée à la pandémie, une enquête de préférences déclarées (Stated Preference, SP) portant sur les choix relatifs aux comportements de mobilité est venue pour la troisième fois compléter le microrecensement mobilité et transports (MRMT). Comme en 2010 et en 2015, l'enquête a porté sur le choix d'itinéraires et de modes de transport. Les nouveautés de l'enquête 2021 sont l'introduction du choix de l'heure de départ et un accent particulier mis sur la tarification de la mobilité (mobility pricing). Les données ainsi collectées permettent de répondre à des questions de politique des transports et d'estimer des modèles de choix du mode de transport, de l'itinéraire et de l'heure de départ. Ceci permet ensuite le développement et l'actualisation des modèles de transport nationaux et cantonaux et de paramétrer des analyses, comme par exemple de coûts-bénéfices.

Résumé

Introduction

L'Office fédéral de la statistique (OFS) et l'Office fédéral du développement territorial (ARE) effectuent tous les cinq ans le Microrecensement mobilité et transports (MRMT), qui donne une image représentative de la Suisse tant au niveau des caractéristiques démographiques et socio-économiques des personnes qui se déplacent qu'au niveau des caractéristiques des déplacements qu'elles effectuent. Le dernier MRMT était prévu en 2020, mais en raison de la pandémie de Covid-19 et des mesures mises en œuvre restreignant la mobilité, ce microrecensement a dû être reporté à l'année 2021. Tout comme en 2010 et 2015, une enquête dite de « préférences déclarées » (*Stated Preference*, SP) est venue compléter le MRMT. Cette enquête a été réalisée sur mandat de l'ARE, avec le soutien des offices fédéraux des routes (OFROU), des transports (OFT), de l'énergie (OFEN) et de l'environnement (OFEV) et des Chemins de fer fédéraux (CFF).

La méthode des préférences déclarées consiste à poser des questions de choix entre plusieurs options (par exemple plusieurs modes de transport), dans des scénarios d'offre fictifs (« *Que choisiriez-vous si ... ?* »). Une fois les variables (p.ex. le temps de parcours) et les niveaux de ces variables définis, les questions sont construites en suivant des règles mathématiques avec l'objectif d'estimer avec précision l'effet de chaque variable prise isolément. L'analyse des réponses permet d'évaluer quantitativement l'effet de chacune des caractéristiques (le temps de parcours, le coût, le niveau de confort, ...) sur le choix des répondants et de développer des modèles économétriques appelés les modèles de choix.

Objectifs de l'enquête

L'enquête de préférences déclarées de 2021 porte sur le choix du mode de transport et sur le choix de l'itinéraire routier ou de transport public (TP), comme dans les éditions précédentes de 2010 et 2015, ainsi que sur le choix de l'heure de départ, ce qui est nouveau dans l'édition de 2021. L'objectif général

de l'enquête est de recueillir des données de préférences déclarées qui permettront de mettre à jour les modèles de transport nationaux, cantonaux et des CFF, pour pouvoir analyser toute une série de politiques de transport et en particulier des politiques de tarification (ou *mobility pricing*). L'objectif final du *mobility pricing*, comme il est défini par la Confédération³, est de mieux utiliser la capacité disponible et de réduire la congestion, que ce soit sur le réseau routier ou dans les transports publics.

Les modèles de transport ainsi mis à jour permettront de fournir des scénarios de trafics, en réponse à des politiques ou à des investissements de transport, scénarios de trafic qui alimenteront à leur tour des analyses coûts-bénéfices. In fine, les analyses coûts-bénéfices permettent aux pouvoirs publics d'apprécier l'intérêt pour la collectivité d'une politique ou d'un investissement. C'est pourquoi la qualité de l'enquête de préférences déclarées est cruciale : elle contribue à ce que les modèles représentent le plus correctement possible les comportements réels de mobilité des usagers et que les décisions publiques soient prises sur des bases robustes.

Un des objectifs de l'enquête SP de 2021 est aussi, dans la mesure du possible, de conserver une certaine comparabilité avec les enquêtes précédentes, de manière à ce que l'on puisse étudier l'évolution des comportements. Pour cette raison, le contenu du questionnaire et le mode d'administration sont largement calqués sur ceux de l'enquête SP de 2015.

Recrutement et échantillonnage

L'enquête SP s'est appuyée sur un échantillon représentatif de la population suisse. Pour ce faire, un certain nombre de répondants au MRMT ont été sélectionnés. A ces répondants, une question supplémentaire a été posée à la fin de l'interview téléphonique du MRMT, qui leur demandait s'ils accepteraient de participer à une enquête sur le choix du moyen de transport se rapportant à l'un des déplacements indiqués pendant l'interview téléphonique. Toutes les personnes qui ont accepté et qui satisfaisaient aux critères d'éligibilité de l'enquête SP (voir Chapitre 7) ont reçu un questionnaire.

Mode d'administration

Alors que les éditions précédentes étaient uniquement en version sur papier, le mode d'administration a été mixte en 2021 : l'enquête a été réalisée majoritairement en ligne mais une version sur papier du questionnaire était disponible et a été envoyée par courrier aux répondants qui en ont exprimé le souhait.

Contenu de l'enquête

Le contenu du questionnaire s'inspire largement de celui de l'enquête de 2015 pour la partie relative au choix du mode de transport, au choix de l'itinéraire routier et au choix de l'itinéraire en TP. Cependant, en vue de pouvoir tester des politiques de *mobility pricing*, quelques nouvelles variables ont été introduites dans ces questions de choix, telles qu'un surcoût de déplacement ou un surcoût limité aux heures de pointe. Les modèles qui seront élaborés avec les données de l'enquête doivent pouvoir tester

³ Tarification de la mobilité, Analyse d'efficacité à partir de l'exemple de la région de Zoug et clarifications concernant la faisabilité technique et la protection des données – rapport à l'intention du Conseil fédéral, DETEC, 13 décembre 2019

des politiques de tarification qui seraient différenciées spatialement (zones sujettes à congestion versus zones sans congestion) et temporellement (heures de pointe versus heures creuses), et cela a été pris en compte dans la conception de l'enquête. En outre, une nouvelle série de questions SP portant sur le choix de l'heure de départ a été ajoutée dans le questionnaire, pour mieux comprendre les déterminants du choix de l'heure et pour pouvoir étudier l'effet d'une tarification spécifique à la période de pointe.

Dans l'enquête SP, toutes les questions de choix (choix du mode de transport, de l'itinéraire, de l'heure de départ) portent sur un déplacement réellement effectué par le répondant et qui avait été décrit dans le MRMT. Les questionnaires sont donc, en ce sens, « personnalisés » et proposent des situations réalistes. Pour générer les questionnaires, il s'agissait donc d'abord de sélectionner un déplacement, parmi l'ensemble des déplacements décrits dans le cadre du MRMT, pour chaque personne ayant donné son accord pour participer à l'enquête SP.

Un algorithme de sélection du déplacement de référence a donc été développé, pour recueillir suffisamment de données sur tous les motifs de déplacements (travail, formation, activité professionnelle, achats, loisirs, ...) et pour recueillir une information à la fois représentative, variée et intéressante pour la modélisation (c'est-à-dire que les déplacements les plus courts ont été exclus et les déplacements longs ont été privilégiés, voir chapitre 7.2.1).

Une série de questions de choix portant sur un sujet s'appelle un « exercice SP ». Quatre exercices SP ont donc été construits :

- Exercice SP1 : sur le choix du mode
- Exercice SP2 : sur le choix de l'itinéraire routier
- Exercice SP3 : sur le choix de l'itinéraire TP
- Exercice SP4 : sur le choix de l'heure de départ (combiné avec le choix du mode).

Chaque exercice SP comptait 6 questions. Chaque répondant s'est vu administrer un, deux ou trois exercices SP (c'est-à-dire au maximum le SP1, le SP2 ou le SP3, et le SP4). Autrement dit, les répondants recevaient au maximum 18 questions de préférences déclarées.

Comme les questions posées dépendaient du mode actuellement utilisé pour le déplacement de référence, de la classe de distance du déplacement, de la période (pointe/hors pointe) de déplacement, de la possession ou non d'une voiture et de quelques autres paramètres liés à l'enquête, cela a conduit à générer 38 types de questionnaires différents, qui ont été traduits dans trois langues, allemand, français et italien.

Résultats bruts de l'enquête

L'enquête principale a été réalisée en trois vagues : juin-juillet 2021, septembre 2021 et novembre-décembre 2021. Aux données recueillies lors de l'enquête principale ont été ajoutées les données recueillies lors d'un pré-test effectué en avril 2021. Ces données ont pu être intégrées dans la base de données finale car le questionnaire a très peu été modifié entre ce pré-test et l'enquête principale.

Au total (enquête principale et pré-test), 4341 questionnaires ont été générés et envoyés. En retour, 3553 ont été reçus complétés, ce qui correspond à un taux de participation de 82 % (rappelons que les personnes avaient donné leur accord, à la fin de l'enquête téléphonique du MRMT, pour être interrogées

sur leurs comportements de mobilité). L'objectif initial de 4000 enquêtes (objectif fixé avant la crise Covid) n'a donc pas été tout à fait atteint, mais la taille de l'échantillon reste largement suffisante pour estimer les modèles de choix souhaités.

Sur les 3553 questionnaires réceptionnés, 71 % (2517) ont été complétés en ligne, 29 % (1036) sur papier.

Analyse des données

Les analyses suivantes ont été effectuées sur la base de données :

- Distribution de la durée de remplissage du questionnaire (pour les questionnaires complétés en ligne)
- Distribution des caractéristiques démographiques et socio-économiques des répondants (âge, sexe, niveau d'étude, catégorie socioprofessionnelle – informations issues des données du MRMT)
- Distribution des caractéristiques du déplacement de référence, par mode (temps, coût, coût/heure, coût/km, distance, vitesse, nombre de changements en TP et fréquence du TP)
- Analyse des réponses aux questions SP : pourcentage de répondants « non-traders » pour chaque exercice SP (les répondants « non-traders » sont les répondants qui choisissent toujours la même option tout au long d'un exercice, par exemple qui choisissent toujours le même mode dans l'exercice SP1).

Toutes les analyses ont montré que les données recueillies sont globalement de bonne qualité. La représentativité de l'échantillon du point de vue sociodémographique et la plausibilité des caractéristiques des déplacements ont été contrôlées et confirmées.

Des modèles de choix préliminaires ont également été estimés, également pour vérifier que les données recueillies sont d'une qualité suffisante pour estimer des modèles corrects et robustes, avec des coefficients plausibles et significatifs. Dans la présente étude, il s'agit donc de modèles relativement simples qui visent à vérifier la qualité des données et non de modèles sophistiqués qui visent à modéliser toute la complexité et les nuances des comportements.

Dans cet esprit, des modèles distincts ont d'abord été estimés pour chaque exercice SP, ensuite des modèles joints et finalement un modèle combinant les quatre exercices SP. Les modèles sont multinomiaux et essentiellement linéaires.

Dans ces modèles préliminaires, la grande majorité des coefficients ont le signe et l'ordre de grandeur attendus et sont significatifs. Les valeurs du temps issues de ces modèles ont également l'ordre de grandeur attendu. Pour les quelques coefficients qui ont des valeurs plus basses qu'attendues ou non significatifs à ce stade, des investigations plus poussées pourront être menées, avec des modèles plus sophistiqués, et notamment avec des formulations non linéaires.

La conclusion générale des modèles préliminaires est que les données recueillies sont de bonne qualité et permettront de procéder à des estimations de modèles plus sophistiqués.

Conclusion et perspectives

Le soin apporté à la conception du questionnaire et à la réalisation de l'enquête a permis de constituer une base de données SP offrant une information très riche et de qualité. Cette base de données est

maintenant utilisable pour une analyse plus approfondie et le développement de modèles de choix plus sophistiqués, qui pourront être utilisés pour :

- L'analyse des préférences et comportements de mobilité, y inclus la comparaison avec les données de 2010 et de 2015 et donc l'analyse de l'évolution des préférences et comportements ;
- La mise à jour des modèles de transport fédéraux, cantonaux et des CFF, ainsi que leur utilisation pour l'étude de scénarios (comme par exemple les Perspectives d'évolution du transport à la Confédération) ;
- L'évaluation de politiques de transport et de projets d'infrastructure de transport.

Riassunto (IT)

Abstract

Nel 2021, dopo il rinvio di un anno a causa della pandemia, si è ultimato per la terza il microcensimento mobilità e trasporti (MCMT) con un'indagine sulle preferenze dichiarate (Stated Preference, SP) incentrata sulle scelte relative ai comportamenti di mobilità. Come nel 2010 e nel 2015, l'indagine ha riguardato le scelte dei mezzi di trasporto e del tragitto. Tra le novità dell'edizione 2021 si segnalano l'introduzione della scelta dell'orario di partenza e un'attenzione particolare rivolta alla tariffazione della mobilità (*mobility pricing*). I dati così raccolti consentono di rispondere a questioni di politica dei trasporti e di stimare modelli di scelta della modalità di trasporto, del tragitto e dell'orario di partenza. Ciò consente quindi di sviluppare e aggiornare i modelli di trasporto nazionali e cantonali e di parametrizzare le analisi, ad esempio, dei costi-benefici.

Riassunto

Introduzione

L'Ufficio federale di statistica (UFS) e l'Ufficio federale dello sviluppo territoriale (ARE) conducono ogni cinque anni il microcensimento mobilità e trasporti (MCMT), che offre un'immagine rappresentativa della Svizzera per quanto riguarda sia le caratteristiche demografiche e socioeconomiche delle persone sia le caratteristiche dei loro spostamenti. L'ultimo MCMT era previsto per il 2020, ma a causa della pandemia da COVID-19 e delle misure di riduzione della mobilità, ha dovuto essere posticipato al 2021. Come nel 2010 e nel 2015, l'MCMT è stato corredato di un'indagine sulle «preferenze dichiarate» (*Stated Preference*, SP) condotta su incarico dell'ARE e con il sostegno dell'Ufficio federale delle strade (USTRA), dell'Ufficio federale dei trasporti (UFT), dell'Ufficio federale dell'energia (UFE), dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e delle Ferrovie federali svizzere (FFS).

Il metodo delle preferenze dichiarate consiste nel porre domande a scelta multipla tra diverse opzioni (ad esempio diversi mezzi di trasporto) in scenari fittizi relativi all'offerta («Cosa scegliereste se...?»). Una volta definite le variabili (ad es. i tempi di percorrenza) e determinati i loro livelli, si è proceduto all'elaborazione delle domande secondo regole matematiche nell'intento di ponderare con precisione l'effetto di ogni singola variabile. L'analisi delle risposte consente di valutare quantitativamente l'effetto di ciascuna caratteristica (tempo di percorrenza, costo, livello di comfort ecc.) sulla scelta operata dai partecipanti all'indagine e di sviluppare modelli econometrici chiamati modelli di scelta.

Obiettivi dell'indagine

L'indagine sulle preferenze dichiarate del 2021 riguarda le scelte dei mezzi di trasporto e la scelta del tragitto stradale o di trasporto pubblico (TP) – come nelle precedenti edizioni del 2010 e del 2015 – nonché la scelta dell'orario di partenza, una novità di quest'ultima edizione. L'obiettivo generale è raccogliere dati sulle preferenze dichiarate che consentano di aggiornare i modelli di trasporto nazionali,

cantonali e delle FFS, al fine di poter analizzare diverse politiche dei trasporti e, in particolare, le politiche di tariffazione della mobilità (o *mobility pricing*). L'obiettivo finale del *mobility pricing*, così come è stato definito dalla Confederazione,⁴ è migliorare l'utilizzo della capacità disponibile e ridurre la congestione del traffico, sia sulla rete stradale sia nell'ambito del trasporto pubblico.

I modelli di trasporto aggiornati consentiranno di fornire scenari di traffico, in risposta a politiche o a investimenti nei trasporti, i quali, a loro volta, alimenteranno analisi costi-benefici. Queste analisi, infine, permetteranno alle autorità pubbliche di valutare l'interesse che una politica o un investimento possono rappresentare per la collettività. La qualità dell'indagine sulle preferenze dichiarate è perciò cruciale e contribuisce a far sì che i modelli rappresentino nel modo più corretto possibile i comportamenti reali di mobilità degli utenti dei trasporti, e che le decisioni dell'amministrazione pubblica siano prese su basi solide.

Un ulteriore obiettivo dell'indagine SP del 2021 è anche quello di garantire, nella misura del possibile, una certa comparabilità con le indagini precedenti in modo da poter studiare l'evoluzione dei comportamenti. Per tal motivo, i contenuti del questionario e le modalità di sottoposizione riprendono in larga misura quelli dell'indagine SP del 2015.

Selezione e campionamento

L'indagine SP si è basata su un campione rappresentativo della popolazione svizzera. Si è dapprima selezionato un determinato numero di partecipanti all'MCMT, ai quali – alla fine dell'intervista telefonica del microcensimento – è stato chiesto se avrebbero accettato di partecipare a un'indagine sulla scelta del mezzo di trasporto in riferimento a uno degli spostamenti indicati durante l'intervista telefonica. Tutte le persone che hanno dato il loro consenso e che soddisfacevano i criteri di idoneità dell'indagine SP (v. cap. 7), hanno ricevuto un questionario.

Modalità

Mentre le edizioni precedenti erano unicamente in versione cartacea, per l'edizione del 2021 si è optato per una modalità mista: l'indagine è stata realizzata prevalentemente online, sebbene fosse disponibile una versione cartacea, inviata per posta ai partecipanti che ne hanno fatto richiesta.

Contenuto dell'indagine

Il contenuto del questionario riprende ampiamente i contenuti del 2015 per quanto riguarda la scelta della modalità di trasporto, la scelta del tragitto stradale e la scelta del tragitto con i TP. Tuttavia, per poter sperimentare le politiche di *mobility pricing*, nelle domande relative alla scelta sono state introdotte alcune nuove variabili, tra cui un costo aggiuntivo per lo spostamento o un costo aggiuntivo limitato alle ore di punta. I modelli che verranno elaborati sulla base dei dati dell'indagine devono poter mettere alla prova politiche di tariffazione della mobilità differenziate a livello territoriale (zone a rischio congestione o zone senza congestioni di traffico) e a livello temporale (ore di punta o ore di minor traffico); di tutto

⁴ Mobility pricing, Studio d'impatto sull'esempio della regione di Zugo e accertamenti in merito a fattibilità tecnica e protezione dei dati – Rapporto al Consiglio federale, DATEC, 13 dicembre 2019.

ciò si è tenuto conto nell'elaborazione dell'indagine. Inoltre, nel questionario è stata aggiunta una nuova serie di domande SP allo scopo di capire meglio i fattori determinanti della scelta dell'orario di partenza e di poter studiare l'effetto di una tariffazione specifica per le ore di punta.

Nell'indagine SP tutte le domande relative alla scelta (scelta della modalità di trasporto, del tragitto, dell'orario di partenza) riguardano uno spostamento realmente effettuato dal partecipante e descritto nell'MCMT. In tal senso, perciò, i questionari sono «personalizzati» e propongono situazioni realistiche. Al fine di sviluppare i questionari, è stato dapprima necessario selezionare uno spostamento tra quelli descritti nel quadro dell'MCMT per ogni persona che aveva dato il proprio consenso a partecipare all'indagine SP.

È stato quindi sviluppato un algoritmo di selezione dello spostamento di riferimento per raccogliere un numero sufficiente di dati relativi a tutti i motivi di spostamento (lavoro, formazione, attività commerciale, acquisti, tempo libero) e per raccogliere informazioni che fossero al tempo stesso rappresentative, diverse e interessanti tra loro per la modellizzazione (a tal scopo, sono stati esclusi gli spostamenti più brevi e privilegiati quelli più lunghi, v. cap. 7.2.1).

Una serie di domande sulla scelta riguardante un tema è definita «esercizio SP». Sono stati quindi costruiti quattro esercizi SP:

- Esercizio SP1: scelta della modalità di trasporto
- Esercizio SP2: scelta del tragitto stradale
- Esercizio SP3: scelta del tragitto TP
- Esercizio SP4: scelta dell'orario di partenza (associata alla scelta della modalità di trasporto).

Ogni esercizio SP comprendeva 6 domande. Ad ogni partecipante sono stati sottoposti uno, due o tre esercizi SP (vale a dire al massimo SP1, SP2 o SP3, e SP4) per un massimo quindi di 18 domande.

Poiché le domande dipendevano dal mezzo utilizzato per lo spostamento di riferimento, dalla classe di distanza dello spostamento, dal periodo (orari di punta/non di punta) dello spostamento, dal possesso o meno di una vettura e da altri parametri relativi all'indagine, il metodo di elaborazione del questionario ha portato alla creazione di 38 diversi tipi di questionario (tradotti in tedesco, francese e italiano).

Risultati grezzi

L'indagine principale è stata realizzata in tre periodi distinti: giugno-luglio 2021, settembre 2021 e novembre-dicembre 2021. Ai dati raccolti durante l'indagine principale sono stati aggiunti i dati di un test preliminare effettuato nell'aprile del 2021. È stato possibile integrare questi dati nella banca dati finale poiché il questionario per il test preliminare si distingueva poco rispetto a quello per l'indagine principale.

Complessivamente (indagine principale e test preliminare) sono stati elaborati e inviati 4341 questionari. Di questi ne sono stati compilati e rinviati 3553, pari a un tasso di partecipazione dell'82 per cento (va ricordato che le persone avevano acconsentito, alla fine dell'indagine telefonica dell'MCMT, a rilasciare informazioni sui loro comportamenti di mobilità). L'obiettivo iniziale di 4000 questionari (obiettivo fissato prima della crisi pandemica) non è stato perciò completamente raggiunto, sebbene le dimensioni del campione restino più che sufficienti per stimare i modelli di scelta desiderati.

Su 3553 questionari inoltrati, 2517 (il 71%) sono stati compilati on-line, 1036 (il 29%) su carta.

Analisi dei dati

Sulla banca dati sono state eseguite le seguenti analisi:

- distribuzione della durata di compilazione del questionario (per i questionari compilati on-line);
- distribuzione delle caratteristiche demografiche e socioeconomiche dei partecipanti (età, sesso, livello di istruzione, categoria socioprofessionale – dati MCMT);
- distribuzione delle caratteristiche dello spostamento di riferimento, in funzione della modalità (tempi, costi, costo/ora, costo/km, distanza, velocità, numero di cambi con il TP e frequenza del TP);
- analisi delle risposte alle domande SP: percentuale di partecipanti «non-traders» per ogni esercizio SP (i partecipanti «non-traders» sono quelli che scelgono sempre la stessa opzione nel corso di tutto l'esercizio malgrado venga loro proposta un'alternativa migliore).

Tutte le analisi hanno dimostrato che i dati raccolti sono complessivamente di buona qualità. La rappresentatività del campione dal punto di vista sociodemografico e la plausibilità delle caratteristiche degli spostamenti sono state verificate e confermate.

Al fine di verificare che i dati raccolti siano di una qualità sufficiente per stimare modelli corretti e solidi, con coefficienti plausibili e significativi, sono stati altresì elaborati modelli di scelta preliminare. Nel presente studio, quindi, si tratta di modelli relativamente semplici che mirano a verificare la qualità dei dati e non di modelli sofisticati che tendono a modellizzare tutta la complessità e le sfumature dei comportamenti.

In tale prospettiva sono stati stimati dapprima alcuni modelli distinti per ciascun esercizio SP, quindi modelli combinati e infine un modello che conciliasse i quattro esercizi SP. I modelli sono multinomiali ed essenzialmente lineari.

In questi modelli preliminari la vasta maggioranza dei coefficienti ha il segno e l'ordine di grandezza previsti ed è significativa. Anche i valori temporali desunti da questi modelli hanno l'ordine di grandezza previsto. Per i pochi coefficienti che presentano valori inferiori al previsto o che non sono significativi in questa fase, si potranno effettuare indagini più approfondite avvalendosi di modelli più sofisticati e, in particolare, di formulazioni non lineari.

In conclusione i dati raccolti dei modelli preliminari sono di buona qualità e consentiranno di effettuare stime di modelli più sofisticati.

Conclusioni e prospettive

La cura con cui è stato concepito il questionario e con cui è stata realizzata l'indagine ha consentito di costituire una banca dati SP che offre un ventaglio di informazioni molto ricco e di elevata qualità. Questa banca dati può essere ora utilizzata per un'analisi più approfondita e per lo sviluppo di modelli di scelta più sofisticati che potranno essere sfruttati per:

- l'analisi di preferenze e comportamenti di mobilità, incluso il confronto con i dati del 2010 e del 2015 e quindi l'analisi dell'evoluzione delle preferenze e dei comportamenti;
- l'aggiornamento dei modelli di trasporto federali, cantonali e delle FFS e il loro utilizzo per lo studio di scenario (ad esempio, le Prospettive di traffico della Confederazione);
- la valutazione di politiche dei trasporti e di progetti di infrastrutture di trasporto.

1. OBJECTIFS DE L'ENQUETE SP 2020/2021

L'objectif de l'étude est de réaliser une enquête de préférences déclarées (ou enquête SP, pour *Stated Preference*) adossée au microrecensement mobilité et transports ([MRMT](#)) de 2020/2021 et portant sur le choix modal, le choix d'itinéraire routier, le choix d'itinéraire en transport public et le choix de l'heure de départ. Ces modèles seront intégrés dans le modèle national du transport de personnes ([MNTP](#)) pour permettre aux responsables en charge des politiques de mobilité de tester différentes politiques, et en particulier des politiques de tarification (« *mobility pricing* »).

L'objectif premier de la tarification de la mobilité telle qu'elle est envisagée en Suisse est d'optimiser l'utilisation de la capacité existante, tant celle du réseau routier que celle des réseaux de transport public (train et transport public urbain : bus, tramway) et de réduire la congestion routière et ferroviaire. La modulation temporelle (horaire) de la tarification a pour but d'inciter les usagers à reporter leurs déplacements des heures de pointe vers les heures creuses pour réduire la congestion aux heures de pointe. La modulation spatiale se justifie parce que, du point de vue socio-économique (internalisation des coûts externes), il est justifié que le surcoût soit plus élevé dans des zones congestionnées que dans les zones non congestionnées.

De manière générale, la tarification est aussi un outil pour orienter les usagers dans leur choix de mode, c'est-à-dire les inciter à choisir des modes moins polluants et moins consommateurs d'énergie par voyageur-km. Mais comme, en l'occurrence, le surcoût s'appliquera tant aux transports publics qu'à la route, il ne devrait a priori pas avoir un effet important sur la répartition modale.

En raison de la pandémie de Covid-19 et des mesures mises en œuvre restreignant la mobilité, l'enquête, préalablement prévue pour être réalisée en 2020, a dû être reportée en 2021, comme le microrecensement mobilité et transport (MRMT).

Le recrutement de l'échantillon se fait au sein de l'échantillon du microrecensement : environ 6000 personnes ayant répondu au MRMT 2021 ont été sélectionnées et il leur a été demandé si elles acceptaient de répondre à une enquête SP supplémentaire. Lors des enquêtes de 2010 et 2015, environ 4000 personnes avaient répondu.

L'enquête a été réalisée à l'échelle nationale, en trois langues (allemand, français, italien). Elle a été administrée en ligne (via un site web auquel accédait chaque répondant) mais avec la possibilité, pour les répondants qui ne voulaient pas répondre en ligne, de répondre sur un questionnaire papier. Le mode d'administration était donc mixte : en ligne/papier.

Les résultats de l'enquête SP 2021 ainsi que les données du MRMT 2021 pourront être utilisés pour la mise à jour des modèles de trafic (MNTP du DETEC, modèle de trafic CFF, différents modèles de trafic cantonaux, etc.) et pour l'évaluation et la mise au point des politiques de transport envisagées pour le futur. Il faut donc que les variables et les intervalles de valeurs testées dans l'enquête couvrent bien toutes les politiques que les différents décideurs, au niveau fédéral, cantonal et au niveau de l'opérateur ferroviaire national, seraient susceptibles de vouloir évaluer avec leurs modèles respectifs.

Par ailleurs, les résultats de l'enquête SP 2021 devaient être comparables avec ceux de l'enquête 2015 et, autant que possible, avec ceux de l'enquête 2010, pour pouvoir analyser les évolutions de comportement à moyen-long terme. Cet objectif devait être satisfait alors que, d'autre part, l'enquête SP 2021 devait traiter de sujets qui n'étaient pas abordés dans les enquêtes précédentes : les effets potentiels d'une tarification kilométrique de la mobilité et le choix de l'heure de départ.

2. CONVENTIONS DE LANGAGE ET ABREVIATIONS

Dans la suite du texte, nous utilisons les conventions de langage suivantes :

- nous appelons indifféremment « attribut » ou « variable » les variables testées dans le questionnaire SP ;
- nous appelons « design SP » la conception générale du questionnaire : les options qui seront présentées aux répondants, les variables, les intervalles de valeurs testés, le découpage en blocs, la personnalisation (quel questionnaire ou quel bloc est présenté à quel type d'utilisateur), etc. ;
- nous appelons « exercice SP » un groupe de questions portant sur un choix et traitant de certains attributs ;
- nous appelons « plans factoriels » ou « plans expérimentaux » l'élaboration des questions SP sur base de règles statistiques théoriques, à partir de tous les éléments qui ont été définis dans le « design SP » ;
- en ce qui concerne les coûts, nous parlons indifféremment de coût (généralement les coûts d'usage de la voiture) ou de prix (généralement les prix des services de transport public).

Nous utilisons les abréviations suivantes :

- SP, RP : Stated Preference (préférences déclarées), Revealed Preference (préférences révélées)
- TP : transports publics
- TIM : transport individuel motorisé
- MRMT : microrecensement mobilité et transports
- MNTP : modèle national du transport de personnes.

3. CONTENU ET PRINCIPES GÉNÉRAUX DU QUESTIONNAIRE SP

3.1. Contenu général

D'une manière générale, la construction du questionnaire est guidée par deux lignes directrices : d'une part, préserver la comparabilité avec l'enquête SP 2015, d'autre part, introduire les modifications qu'il faut pour que le modèle puisse tester les politiques de tarification (*mobility pricing*) voulues par le DETEC.

Le questionnaire SP est composé de 4 exercices SP :

- exercice SP1 sur le choix du mode
- exercice SP2 sur le choix de l'itinéraire routier (TIM)
- exercice SP3 sur le choix de l'itinéraire en transports publics (TP)
- exercice SP4 sur le choix combiné de l'heure de départ et du mode.

Nous avons conservé la numérotation de l'enquête SP de 2015 pour les exercices qui sont communs (SP1, SP2, SP3) pour faciliter les comparaisons.

Le questionnaire commence par un rappel du déplacement décrit par le répondant dans le MRMT et qui a été sélectionné pour être le « déplacement de référence » de l'enquête SP (le déplacement autour duquel tournent les questions SP).

Les exercices SP1, SP2 et SP3 sont basés sur le design de l'enquête 2015, mais avec quelques adaptations (un attribut supplémentaire, intervalles de valeurs testées plus larges, ... voir le chapitre 4).

L'exercice SP4 est nouveau par rapport à l'enquête SP 2015. Il doit permettre l'estimation des fonctions d'utilité du choix de l'heure de départ et également l'estimation de la structure hiérarchique régissant les choix du mode et de l'heure : l'idée est de déterminer à l'aide des réponses recueillies si les usagers choisissent d'abord le mode et ensuite l'heure, ou d'abord l'heure et puis le mode (la hiérarchie pourrait d'ailleurs être différente en fonction des motifs, la contrainte horaire étant plus stricte pour les déplacements domicile-école et domicile-étude). Uniquement dans le cas des usagers TP n'ayant pas de voiture à disposition, cet exercice se réduit à un exercice de choix de l'heure de départ.

3.2. Largeur des intervalles testés

D'une manière générale, les intervalles de valeur testés sont définis en considérant plusieurs critères :

- un certain réalisme : on part des *valeurs actuelles* et on les fait varier pour couvrir toutes les valeurs que les variables pourraient prendre *dans le futur* (ou dans des scénarios que l'on voudrait étudier avec le modèle)
- présenter des scénarios où les répondants passent d'une option à l'autre (c'est-à-dire ne choisissent pas toujours la même option) ; en passant d'une option à l'autre au fil des questions SP, les répondants font des arbitrages entre les variables, c'est ce qui permet de recueillir des données intéressantes (plus riches en information) pour l'estimation des modèles
- tester des gammes de valeurs suffisamment larges pour bien capter toute la gamme des élasticités et des éventuelles non-linéarités dans ces élasticités.

Concernant le deuxième point, le Figure 1 ci-dessous est reprise du rapport de l'enquête SP 2015 et montre les pourcentages de répondants qui ont toujours choisi la même option dans les exercices SP (répondants *non-traders*). Ces pourcentages sont relativement élevés. Le rapport 2015⁵ (section 5.5) explique qu'il s'agit de comportements réels (par exemple des usagers captifs du TP parce qu'ils n'ont pas de voiture, ou des usagers qui ont besoin de leur voiture pour leurs activités professionnelles) et

⁵ [SP-Befragung 2015 zum Verkehrsverhalten](#), ARE, septembre 2016.

que cela s'explique aussi par le fait que les situations présentées étaient délibérément restées très réalistes. Le rapport SP 2015 donne aussi des exemples d'autres études dans lesquelles le pourcentage de non-traders est du même ordre de grandeur (50-60 %), ce n'est donc pas un résultat exceptionnel. Néanmoins ce type de réponse donne peu d'information sur les *trade-offs* entre les attributs et pour l'estimation des coefficients. Par exemple, si un répondant choisit toujours la voiture, ce type de réponse nous indique que la constante modale de la voiture pour cet usager est supérieure (en termes d'utilité) à tous les avantages comparatifs qu'on lui offre par ailleurs, du côté des TP ; mais nous n'obtenons pas d'information sur les ratios entre les utilités marginales des attributs (valeur du temps, équivalent-temps d'une correspondance, d'une fréquence plus élevée ou plus faible, ...). Pour rappel, les données SP ne permettent pas d'estimer les constantes modales mais uniquement les *trade-offs* entre les attributs.

C'est pourquoi on cherche dans les designs SP à minimiser le pourcentage de répondants choisissant toujours le même mode en proposant des variations suffisamment importantes des attributs. Pour l'enquête SP 2021, nous avons donc adapté les intervalles de valeurs testés pour réduire ce pourcentage, et cela en élargissant les intervalles⁶. Des intervalles de valeurs testées élargis permettent d'identifier le comportement réel des gens, mais dans des situations plus différentes que leur contexte actuel par rapport à l'enquête SP 2015. Initialement, nous avons également proposé d'utiliser des intervalles « asymétriques », c'est-à-dire de dégrader plus le mode pris actuellement (TIM ou TP) et d'améliorer plus le mode non pris actuellement (TIM ou TP) pour le rendre plus attractif. Cependant, nous gardons finalement des intervalles identiques quel que soit le mode pris actuellement pour ne pas multiplier le nombre de questionnaires différents (déjà important).

Par ailleurs, dans nombre d'enquêtes SP, les pourcentages de variation changent en fonction de la distance de la relation origine-destination, et ce pour que les *trade-offs* proposés soient intéressants du point de vue de l'information recueillie c'est-à-dire encadrent de manière suffisamment proche les valeurs du temps, équivalents-temps et autres ratios d'utilités marginales. Par exemple, pour le temps TP, si l'on garde l'intervalle [-30%, +30%] quelle que soit la distance, on proposera à certains répondants des variations maximales de 30 % de 20 minutes, soit 6 minutes, et à d'autres des variations maximales de 30 % de 1h30 (90 minutes), soit 27 minutes. La variation de 6 minutes peut par exemple se révéler insuffisante pour estimer la valeur du temps des usagers qui effectuent des courts déplacements (parce que cette différence de 6 minutes peut être négligeable pour eux). Ou, si les coûts respectifs ne sont pas dans un rapport de 20 à 90 et sont dans un rapport très différent, les valeurs du temps testées seront très différentes pour ces deux répondants. C'est pour cela que nous faisons varier les pourcentages de variation en fonction de la distance, en distinguant trois classes : les distances inférieures à 10 kilomètres, entre 10 et 30 km et supérieures à 30 kilomètres. (Une autre manière de faire aurait été de faire varier les pourcentages de variation en fonction du ratio coût actuel/temps actuel).

⁶ A noter que pour l'enquête de 2015, certains intervalles de valeurs testés avaient déjà été élargis par rapport à 2010 (voir [rapport 2015](#), section 2.5, page 23).

Abbildung 11 Non-Trading in den SP-Experimenten

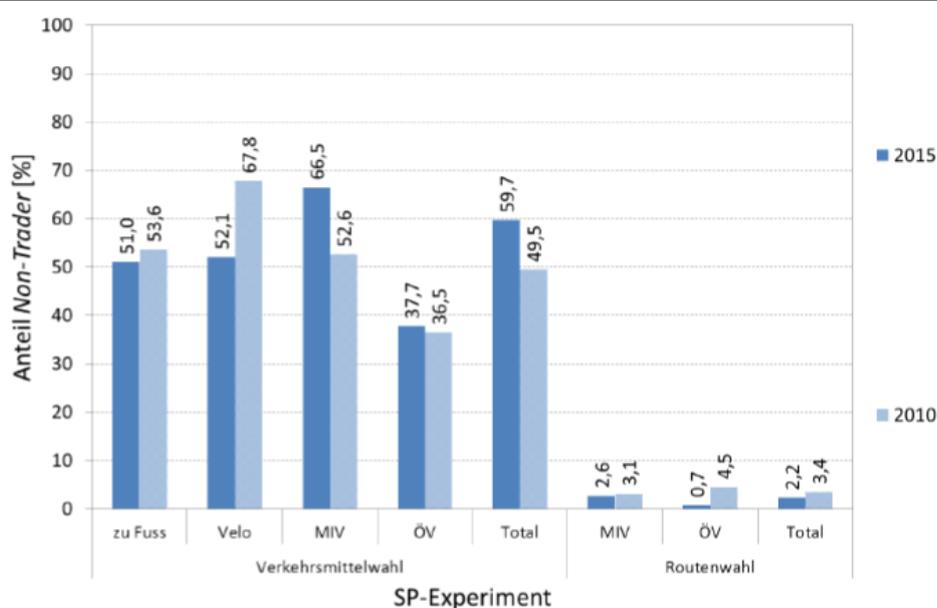


Figure 1 – Non-traders dans les enquêtes SP 2010 & 2015

3.3. Nombre de niveaux testés par attribut

Dans l'enquête SP 2015, le nombre de niveaux testés pour chaque attribut est toujours trois. Nous proposons de tester 4 niveaux pour la plupart des attributs, pour mieux capter les non-linéarités dans l'utilité relative à cet attribut.

En outre, tester plus de niveaux (pour un même intervalle donné) signifie que plus de trade-offs différents seront proposés et donc l'estimation des coefficients devrait être plus précise.

3.4. Principes de tarification de la mobilité (*mobility pricing*) et traduction dans l'enquête SP

3.4.1. PRINCIPE DE TARIFICATION DE LA MOBILITE

Suivant les recommandations du Conseil fédéral, les politiques de tarification à mettre en œuvre doivent être régies par les principes suivants :

- tarification au kilomètre (principe « *pay as you use* ») ;
- différenciation spatiale et temporelle des tarifs : cette différenciation est basée sur la congestion : la différenciation spatiale distingue les zones congestionnées et les zones non congestionnées ou moins congestionnées, la différenciation temporelle distingue les heures de pointe et les heures creuses ;
- compensation : pour la route, les taxes forfaitaires actuelles (taxes fédérales : accises sur le carburant, taxe sur les voitures, vignette autoroutière, et taxes cantonales sur les véhicules à moteur) seront adaptées de sorte que la recette totale de la tarification kilométrique et de ces

taxes soit inchangée par rapport à aujourd'hui. Autrement dit, l'ensemble des usagers de la route paiera au total le même montant mais ce montant sera réparti différemment entre les usagers et dépendra plus des distances parcourues par chacun ; de même pour les TP, la recette totale des TP sera la même qu'aujourd'hui, mais certains usagers paieront plus et d'autres paieront moins.

Le schéma tarifaire envisagé a été présenté dans le cahier des charges de l'étude et il a aussi été étudié dans le canton de Zoug (étude de la Confédération sur les impacts du *mobility pricing*, 2018-2019⁷). Ce schéma de tarification, représenté dans la figure ci-dessous tirée de l'étude de Zoug, se caractérise par trois niveaux de tarif (un niveau pour les zones sans congestion, un niveau en heures creuses pour les zones sujettes à congestion, un niveau en heures de pointe pour zones sujettes à congestion).

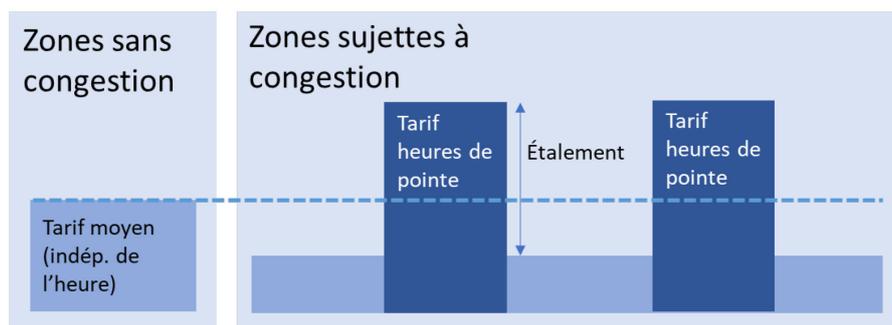


Figure 2 - Figure illustrant le schéma tarifaire étudié pour le canton de Zoug

3.4.2. TRADUCTION DU « MOBILITY PRICING » DANS L'ENQUETE SP 2021

Le schéma tarifaire envisagé est traduit dans l'enquête pour permettre d'estimer l'impact d'une politique de tarification de la mobilité sur le comportement des usagers (choix de mode, choix d'itinéraire et choix de l'heure de départ).

Comme on l'a vu ci-dessus, le « mobility pricing » comporte une différenciation spatiale (zones congestionnées/non congestionnées) et une différenciation temporelle (heures de pointe/heures creuses). La différenciation spatiale n'est pas explicitement traduite dans les attributs du questionnaire SP, parce que

- les territoires qui seront soumis aux deux types de tarification ne sont pas encore définis ;
- une fois qu'on a estimé les modèles de choix pour différents types d'usagers, on peut tester différentes définitions de ces territoires avec le modèle de transport à 4 étapes, et
- l'intégration d'une différenciation spatiale dans un questionnaire à l'échelle suisse augmenterait significativement la charge des répondants (création d'une carte avec définition de zones autour des agglomérations et éventuellement le long d'axes très chargés, explication et affichage de la carte dans le questionnaire en version papier et sur internet).

⁷ Bedingungen und Pflichtenheft. Projekt «Mobility Pricing - Wirkungsanalyse am Beispiel der Region Zug», November 2017.

La différenciation spatiale a seulement été brièvement expliquée dans l'introduction au questionnaire SP.

Par contre, la différenciation temporelle est explicitement traduite dans les attributs du questionnaire SP. Par rapport aux coûts actuels des déplacements, le questionnaire SP introduit deux nouveaux coûts (appelés « surcoûts » dans le questionnaire) : le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe. Ces deux surcoûts sont des surcoûts kilométriques et sont aussi appliqués aux usagers TP munis d'un abonnement. Du point de vue des attributs du questionnaire SP, cela se traduit comme ceci :

- Le **surcoût de base** est regroupé avec le coût du carburant pour la voiture (surcoût de base + coût du carburant constituent un attribut) et avec le prix du billet pour les TP (surcoût de base + prix du billet TP constituent un attribut).
- Le **surcoût aux heures de pointe** est un coût kilométrique qui s'additionne au surcoût de base si le déplacement est réalisé pendant les heures de pointe et dans une zone congestionnée (c'est-à-dire s'il a pour origine et/ou pour destination une commune « urbaine » ou « intermédiaire » selon la « Typologie urbain-rural 2012 » de l'OFS⁸). Les heures de pointe sont définies comme la période de 7h à 9h et la période de 17h à 19h, durant les jours ouvrés.

La différence entre le tarif des zones non congestionnées et le tarif en heures creuses des zones sujettes à congestion n'apparaît donc pas explicitement dans les questions SP. Par contre, l'analogie de présentation des surcoûts (de base et de pointe) entre les modes TIM et TP a été voulue, pour souligner le fait que le « mobility pricing » s'appliquera aux deux modes.

Le regroupement en un seul attribut du coût du carburant TIM et du surcoût de base (ou du coût du déplacement TP et du surcoût de base) implique qu'il ne sera plus possible d'estimer deux coefficients distincts pour le coût de carburant (le coût du déplacement TP) et pour le surcoût de base, comme cela était possible avec les données SP 2015. Nous avons cependant choisi cette formulation car deux attributs de coût seront plus faciles à comprendre et à traiter par les répondants que trois attributs. La formulation choisie permettra d'estimer un coefficient distinct pour l'effet du surcoût aux heures de pointe, or c'est bien un élément du « mobility pricing » qu'il est important d'estimer avec précision pour que le modèle de transport puisse remplir ses objectifs de test de politiques publiques.

Concrètement, l'exercice SP4 de choix de l'heure de départ fournira un modèle permettant de tester des politiques de différenciation *temporelle*, tandis que l'exercice SP2 de choix d'itinéraire routier et le SP3 de choix d'itinéraire TP fourniront deux modèles permettant de tester des politiques de différenciation *spatiale*. En effet, les différents niveaux testés pour le surcoût supposent que la proportion de l'itinéraire réalisé en zone congestionnée diffère. Le principe de compensation, quant à lui, est expliqué dans l'introduction du questionnaire SP et l'attribut « coût du carburant + surcoût de base » et le coût du stationnement ainsi que l'attribut « prix du déplacement TP + surcoût de base »

⁸ « Typologie urbain-rural 2012 » de l'Office fédéral de statistique, voir « [Typologie des communes et typologie urbain-rural 2012](#) », OFS, 2017, la [carte](#) et la [liste des communes sous forme de tableau](#).

prennent dans certains cas des valeurs inférieures au coût actuel du carburant, du stationnement et du déplacement TP.

Enfin, les différents principes du mobility pricing (différenciation spatiale, différenciation temporelle, compensation) conduisent à la conclusion qu'il faut tester pour les attributs de coût des intervalles de valeur suffisamment larges, pour couvrir les cas des zones congestionnées et non congestionnées, des différents niveaux de surcoût en heures de pointe et différents niveaux de compensation avec les taxes actuelles.

4. DESIGN SP

4.1. Exercice SP 1 : Choix modal

4.1.1. MODES ETUDIÉS

Les modes pris en compte dans l'enquête SP 2015 étaient : la marche, le vélo, le transport public et la voiture. Les mêmes modes ont été repris pour l'enquête SP 2021. D'autres modes ont été envisagés mais il a été finalement décidé de ne pas les inclure dans l'enquête SP : on n'étudiera donc pas le choix du park & ride (P+R, voiture + transport public), ni le co-voiturage organisé via une plateforme internet (type Blablacar). Une intégration de ces nouveaux moyens de transport n'a pas été considérée comme pertinente pour l'enquête SP 2020/2021 pour les raisons suivantes :

- **L'importance de ces nouveaux services de mobilité trop faible** : Seuls 0,8% des déplacements en Suisse sont effectués en utilisant une combinaison de marche, de transport individuel motorisé et de transports publics ([rapport du MRMT 2015](#), G 3.3.1.5, p.26). Les nouveaux services de mobilité partagée ont été intégrés dans le microrecensement mobilité et transports 2021, d'une part en proposant nouvellement le moyen de transport « service de mobilité similaire au taxi (p.ex. Uber) » en plus du moyen de transport « Taxi » pour la mobilité du jour de référence et d'autre part en interrogeant les participants sur leur utilisation générale du carsharing (p.ex. Mobility, Sharoo ou Catch-a-car), du bike-sharing (p.ex. Publiride, Velospot ou Carvelo2go) et du ridesharing (p.ex. Uber, Taxito ou Publiride). Cependant, il a été estimé que ces nouveaux moyens de transport étaient encore trop peu utilisés pour intégrer la modélisation des transports à l'échelle suisse ;
- **Une complexité trop élevée par rapport aux gains** : La complexité de l'enquête SP 2021 augmenterait considérablement avec l'intégration de ces nouvelles offres. Compte tenu de l'impact de ces offres sur le volume total du trafic, cet effort ne semble pas (encore) justifié ;
- **Une comparabilité avec les études précédentes pas garantie** : Une certaine stabilité et une comparabilité avec les études précédentes de 2010 et 2015 est souhaitable. Un ajout de nouvelles offres comporte le risque de ne plus permettre les comparaisons des séries chronologiques ;
- **Une intégration dans les modèles de transport pas à l'ordre du jour** : Ces nouvelles offres de mobilité ne sont pas encore intégrées dans le modèle national du trafic voyageurs ([MNTP](#)). L'intégration est techniquement possible, mais pas encore effectuée à l'heure actuelle car il n'y

a pas encore suffisamment ni de données de préférences relevées, ni de données sur l'offre de ces services (localisation et nombre de places dans les parkings P+R en Suisse, p.ex.). Par ailleurs, il a été estimé que l'utilisation et l'impact de ces nouveaux services est encore faible à l'échelle nationale.

En ce qui concerne le mode « voiture », comme dans l'enquête de 2015 on ne distingue pas « voiture conducteur » et « voiture passager ». Cet aspect est pris en compte à une étape ultérieure de la modélisation, par un taux d'occupation moyen des voitures par motif.

4.1.2. ATTRIBUTS ETUDIÉS

Les attributs qui ont été traités dans l'exercice SP1 de l'enquête SP 2021 sont listés ci-dessous. Ceux-ci sont identiques aux attributs traités dans l'enquête de 2015, avec l'ajout d'un attribut supplémentaire pour les TIM et les TP, le « surcoût aux heures de pointe ». Cet attribut n'est présenté que pour les déplacements qui ont été effectués pendant les heures de pointe, définies comme les périodes 7h-9h et 17h-19h, et dont l'origine et/ou la destination est une commune « urbaine » ou « intermédiaire » selon la « Typologie urbain-rural 2012 » de l'OFS. Le surcoût de base ne constitue pas un attribut supplémentaire mais est regroupé avec le coût du carburant pour les TIM et le prix du déplacement pour le TP.

- Pour la voiture :
 - temps de trajet routier
 - temps de recherche d'un stationnement
 - **coût du carburant + surcoût de base**
 - coût du stationnement
 - **surcoût aux heures de pointe**
 - risque de retard (exprimé sous forme d'un pourcentage)
 - durée du retard
- Pour le transport public :
 - temps à bord du véhicule
 - temps d'accès et de diffusion (vers l'arrêt/la gare et depuis l'arrêt/la gare)
 - **prix du déplacement + surcoût de base**
 - **surcoût aux heures de pointe**
 - fréquence (intervalle de temps entre deux véhicules)
 - nombre de changements
 - charge de fréquentation du véhicule
 - risque de retard (exprimé sous forme d'un pourcentage)
 - durée du retard.

En outre, le nombre d'attributs traités dans le SP1 est élevé et plus le nombre d'attributs est élevé, plus le répondant aura des difficultés à les prendre tous en compte pour faire son choix. Pour éviter ce problème, deux groupes d'attributs ont été créés, comme en 2015, ce qui permet de réduire le nombre d'attributs à traiter par la personne enquêtée. Le groupe 1 comprend les attributs concernant la régularité pour les TP et le TIM et le groupe 2 comprend les attributs concernant le stationnement pour le TIM et les attributs concernant la fréquence et le rabatement pour les TP. Un ensemble d'attributs est repris dans les deux groupes et varie toujours entre les questions : les attributs concernant les coûts

et le temps de parcours et le nombre de changements. Cette approche a déjà fait ses preuves dans l'enquête SP 2010 et l'enquête SP 2015.

Dans le SP1, les attributs qui n'appartiennent pas au groupe d'attributs choisi sont affichés mais ils ont une valeur fixe, qui ne varie pas de question en question. Ces valeurs fixes seront indiquées dans le questionnaire (si on ne le fait pas, chaque répondant répond en supposant des valeurs qui lui sont propres, et qui restent inconnues du modélisateur, ce qui peut fausser les estimations).

Pour le SP3, les attributs « omis » ne sont pas affichés car c'est un exercice SP intra-modal (choix entre option A et option B au sein d'un même mode) : on peut supposer que les valeurs de ces attributs, même si on ne les connaît pas, sont les mêmes pour A et B, donc les effets s'annulent (en termes d'utilité), et cela ne fausse donc pas les estimations.

Pour les modes « marche » et « vélo », le temps de trajet ne varie pas d'une question à l'autre.

Tableau 1- Groupes d'attributs SP1 : une croix signifie que l'attribut apparait dans le questionnaire si la personne-cible est dans le groupe

Attribut	Groupe 1		Groupe 2	
	TIM	TP	TIM	TP
Temps à bord	X	X	X	X
Temps de stationnement			X	
Temps de rabattement				X
Coûts du déplacement + surcoût hors heures de pointe	X	X	X	X
<i>Surcoût aux heures de pointe*</i>	X	X	X	X
Coût du stationnement			X	
Nombre de changements		X		X
Intervalle de temps entre deux véhicules		X		
Charge de fréquentation				X
Risque de retard	X	X		
Durée du retard	X	X		

*Uniquement pour les déplacements réalisés aux heures de pointe

Tableau 2- Groupes d'attributs SP2 et SP3 : une croix signifie que l'attribut apparait dans le questionnaire si la personne-cible est dans le groupe

Attribut	TIM	TP	
		Groupe 1	Groupe 2
Moyen de transport principal TP		X	X
Temps à bord	X	X	X
Temps de rabattement		X	
Coûts du déplacement + surcoût hors heures de pointe	X	X	X
<i>Surcoût aux heures de pointe*</i>	X	X	X
Nombre de changements			X
Temps d'attente en correspondance			X
Intervalle de temps entre deux véhicules		X	
Charge de fréquentation		X	

*Uniquement pour les déplacements réalisés aux heures de pointe

Le Tableau 3 présente le format de l'enquête SP1 (choix du mode). La personne interrogée a le choix entre 2 ou 3 modes de transport (parmi la voiture, les transports publics, le vélo ou la marche) détaillés

4.1.3. ATTRIBUTS AYANT UNE VALEUR FIXE

Comme expliqué précédemment, dans l'exercice SP1, certains attributs ne varient pas dans les questions SP pour les répondants du groupe 1, et d'autres attributs ne varient pas pour les répondants du groupe 2, ceci pour faciliter la réflexion des répondants et diminuer leur charge. Cependant, il est nécessaire de donner une valeur à ces attributs « fixes », pour que l'on sache quelle valeur a été prise en compte par les répondants lorsqu'ils ont effectué leurs choix et pour qu'on en tienne compte lors de l'estimation des modèles. Ceci est vrai dans le cas d'un exercice SP intermodal (choix entre différents modes), comme le SP1 et le SP4, mais ce n'est pas nécessaire dans le cas d'un exercice intra-modal (choix entre deux options d'un même mode), comme le SP2 et le SP3, où il suffit de faire l'hypothèse, lors de l'estimation des modèles, que le répondant a supposé la même valeur pour l'option A et l'option B.

Dans l'exercice SP1, nous avons donc fixé des valeurs pour les attributs qui ne varient pas pour le groupe 1 et pour le groupe 2. Nous avons choisi des valeurs acceptables, pour ne pénaliser aucune des options présentées, puisque le but est justement de voir comment les répondants choisissent entre ces options.

Pour le groupe 1 il s'agit des attributs TIM « temps de stationnement » et « coût de stationnement » et des attributs TP « temps de marche jusqu'à/depuis l'arrêt » et « charge de fréquentation ». Pour le groupe 2 il s'agit des attributs TP « intervalle de temps entre deux véhicules », « risque du retard » et « durée du retard ».

Voici les valeurs fixes qui ont été utilisées :

- Temps de stationnement : valeur de référence (valeur sans niveau) spécifique au répondant, selon le motif et la typologie urbaine de sa destination (voir le chapitre 8)
- Coût du stationnement : on attribue 0 CHF pour les déplacements « retour au domicile » et 2 CHF pour tous les autres motifs
- Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt : valeur de référence spécifique au répondant (voir le chapitre 8)
- Charge de la fréquentation dans les TP : « moyenne » pour tous les répondants
- Intervalle de temps entre deux véhicules : valeur de référence spécifique au répondant (voir le chapitre 8)
- Fréquence et temps du retard : un retard de 5 minutes (temps minimal) tous les 20 trajets (fréquence minimale) pour tous les répondants.

4.1.4. ATTRIBUTS RELATIFS AU COUT

Dans les questions SP, l'attribut « coût » est exprimé comme suit :

Pour la voiture,

- On ne présente aux répondants que le coût variable (coût du carburant), pas le coût fixe (coût d'amortissement du véhicule, assurances, taxes forfaitaires) ;

- On distingue trois composantes du coût variable : le coût du carburant et le surcoût de base qui forment un unique attribut, le coût du stationnement et le surcoût aux heures de pointe (ce dernier n'étant présenté que pour les déplacements effectués en heures de pointe et dans les zones sujettes à congestion). La justification est que l'on veut se donner la possibilité de vérifier si les coefficients relatifs à ces trois coûts sont significativement différents¹⁰, même si, à long terme, les trois coefficients devraient converger vers une valeur commune (intuitivement, on s'attend à ce que la sensibilité au coût soit plus élevée pour un coût « nouveau » qui est dès lors moins bien accepté). Cependant, à la différence de l'enquête de 2015, nous proposons de présenter aussi la somme des trois composantes, pour faciliter la comparaison avec le coût du transport public¹¹ ;
- Le coût proposé dans l'exercice SP1 est le coût d'un aller simple par voiture (le coût n'est pas divisé par le nombre de personnes voyageant ensemble).

Pour les transports publics :

- Pour les déplacements effectués en heures creuses, il y aura un seul attribut de coût qui combine deux éléments : « le prix du déplacement + le surcoût de base ». Pour les déplacements effectués en heures de pointe, il y aura deux attributs distincts relatifs au coût : le prix du déplacement + le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe. Ici aussi, la justification est qu'on veut se donner la possibilité d'estimer deux coefficients significativement différents.
- Comme pour le coût de la voiture, la somme des coûts est présentée afin de faciliter la comparaison avec le coût de la voiture.

Remarque : pour les composantes définies sur base d'un coût kilométrique, le coût/km testé est multiplié par la distance, et c'est le coût par déplacement qui est présenté aux répondants.

4.1.4.A. COMPENSATION

Comme on l'a dit plus haut, la politique de tarification qui a été mise en œuvre doit respecter le principe de compensation entre les taxes actuelles et le nouveau surcoût kilométrique (routier et TP). Ce principe est compris au sens de l'ensemble de la population (pas de variation de la recette fiscale venant de la mobilité routière pour les gouvernements ou de la recette des services TP, pour les opérateurs de transport) et au niveau des régions denses et peu denses (volonté de lutter contre l'étalement urbain et de favoriser au contraire une certaine densification). Concernant les usagers TP, le principe de compensation signifie que les déplacements TP en heure creuse vont coûter moins cher qu'aujourd'hui et ceux en heure de pointe vont coûter plus cher, sans augmentation de la recette totale des TP.

¹⁰ Dans les modèles de 2015, pour certains modèles au moins, les coefficients de coût du carburant et du stationnement sont significativement différents.

¹¹ Il est aussi intéressant de voir, dans l'enquête de 2015, les réponses à la question « quels sont les attributs "sans importance" dans votre choix ? » (section 5.8, tableaux 34, 35, 36).

Par contre, le principe de compensation ne s'applique pas au niveau individuel (certains usagers paieront plus, d'autres paieront moins). Dans l'introduction à l'enquête et dans la présentation de la politique de tarification de la mobilité, le principe de compensation est expliqué¹² (voir questionnaire en annexe). Par ailleurs, l'objectif de l'enquête SP est de mesurer l'élasticité des usagers à une variation du coût du carburant (surcoût de base inclus), du coût du stationnement, à un surcoût kilométrique aux heures de pointe et au prix des TP. Pour atteindre cet objectif, nous ne tiendrons pas strictement compte du principe de compensation dans le design SP : pour l'option « route », les trois composantes du coût varieront en plus et en moins, de manière décorrélée, sans que le total des trois soit contraint à rester fixe.

4.1.4.B. CAS DE L'ABONNEMENT GENERAL ET DES AUTRES ABONNEMENTS

Dans l'enquête de 2015, pour les répondants possédant un « abonnement général¹³ », un coût actuel de 0,10 CHF/km a été supposé, de manière uniforme. Les questions SP ont donc été construites avec cette hypothèse. Le fait de posséder ou non un abonnement de TP et quel type d'abonnement est demandé dans le MRMT 2021. Ces informations ont été utilisées dans la construction des questionnaires. Cependant, on ne demande pas dans le MRMT le nombre de déplacements effectués avec l'abonnement en question ; il est donc impossible de connaître le coût par déplacement et a fortiori le coût par km propre à chaque répondant abonné. C'est pourquoi nous utilisons un coût moyen par km. L'ARE a réalisé une analyse des coûts kilométriques et des déplacements TP effectués avec un abonnement. Le coût kilométrique est estimé à 0,24 CHF/km pour l'abonnement général et 0,05 CHF/km pour l'abonnement demi-tarif¹⁴. Plus en détail, le coût kilométrique est estimé à 0,33 CHF/km pour les possesseurs d'un abonnement général 1^e classe¹⁵, et à 0,17 CHF/km pour les possesseurs d'un abonnement général 2^e classe¹⁶.

Par ailleurs, il paraît plus juste d'exprimer le coût dans les unités qui sont les plus « parlantes », les plus claires et celles qui permettront le mieux de faire des comparaisons entre modes. Il nous semble donc que pour les abonnés (que leur abonnement soit mensuel, trimestriel, annuel ou d'une autre périodicité), il serait plus clair d'exprimer le coût en CHF/mois qu'en CHF par déplacement. En outre, pour les abonnés, le coût par déplacement se réduit parfois à des valeurs très petites, mais qu'il faut multiplier

¹² Cette explication ne devra cependant pas inciter le répondant à fournir une réponse « politique » (du type « Je suis contre ce principe, si je devais voter, je voterais contre ») ou « stratégique » (c'est-à-dire une réponse faite pour influencer les décisions du gouvernement dans un sens ou dans l'autre), mais fournir le minimum de contexte pour que la réponse soit comportementale et sans refus complet du principe de Mobility Pricing (« Dans mon quotidien, si j'effectue ce trajet et que le Mobility Pricing était une réalité, voici ma réaction »).

¹³ Abonnement annuel permettant de voyager gratuitement sur la quasi-totalité du réseau de transports publics (train, bus, tram, cars postaux, bateaux).

¹⁴ Pour obtenir ce résultat, la distance moyenne parcourue en transports publics par les possesseurs d'un abonnement général a été estimée à partir des données du microrecensement mobilité et transports 2015 (résultats : <https://github.com/antonindanalet/nb-trips-by-public-transport-in-Switzerland>). Le prix annuel réel d'un abonnement général a été estimé à 3000 CHF (avec les différents rabais existants : pour les familles, pour les jeunes, pour les seniors, etc.) et divisé par cette distance moyenne annualisée.

¹⁵ Hypothèse sur le prix annuel réel d'un abonnement général 1^e classe : 5600 CHF.

¹⁶ Hypothèse sur le prix annuel réel d'un abonnement général 2^e classe : 2700 CHF.

par 40 ou plus déplacements par mois. Deux raisons (valeur petite, et à multiplier par un grand nombre) pour lesquelles l'exercice de comparaison est rendu plus difficile pour les répondants. Cependant, il s'avère en pratique difficile d'exprimer le coût en CHF/mois pour les abonnés (ou pour les usagers TIM enquêtés sur un déplacement régulier, domicile-travail ou domicile-étude), car le prix de l'abonnement et le nombre de déplacements par mois ou par année pour chaque individu ne sont pas connus à partir du MRMT. Il a donc été décidé d'exprimer tous les coûts en CHF/déplacement.

4.1.4.C. DEPLACEMENTS PRIS EN CHARGE PAR UN TIERS

Nous reprenons ici pour mémoire la difficulté classique concernant les coûts partiellement ou totalement pris en charge par un tiers. Les deux cas typiques sont :

- les déplacements domicile-travail dont une partie est prise en charge par l'employeur : dans ce cas, nous ne présentons dans les questions SP que la partie effectivement payée par le travailleur ;
- les déplacements professionnels dont les coûts sont entièrement pris en charge (a priori) ou remboursés (a posteriori) par l'employeur : dans ce cas, nous montrons le coût total en demandant à la personne de répondre comme elle pense que son employeur répondrait (si ce n'est pas la personne elle-même qui décide, on suppose qu'elle connaît, dans une certaine mesure, les règles en usage dans son entreprise).

Concernant le remboursement partiel par l'employeur, l'ARE a analysé les données du MRMT 2015 : 27% de personnes bénéficient d'une participation au financement d'un de leurs abonnements, contre 73% non (parmi les personnes ayant un emploi, ayant un abonnement et n'ayant pas répondu « je ne sais pas » à la question). La question n'a plus été posée dans le MRMT 2021 et ne peut donc pas être utilisée dans les analyses des données de l'enquête SP 2021. Pour ne pas avoir de confusion sur le montant pris en compte par le répondant pour effectuer son choix, nous avons ajouté la phrase suivante pour les déplacements domicile-travail et pour motif professionnel : « Si votre employeur participe au financement de vos déplacements, supposez que les coûts proposés dans ce tableau représentent la partie à votre charge ». Cette phrase est affichée uniquement pour l'exercice de choix modal (SP1).

4.1.5. INTERVALLES DE VALEUR TESTES POUR LE SURCOUT AUX HEURES DE POINTE ET LE PRIX TP

Les intervalles de valeurs à tester pour le surcoût aux heures de pointe pour le transport individuel motorisé et pour les TP ont été fixés en suivant comme principal critère : quels scénarios de tarification de la mobilité souhaite-t-on pouvoir tester avec les modèles de transport ?

Nous reprenons ici les intervalles qui ont été testés dans l'enquête SP nationale de 2015, dans l'enquête SP de l'étude sur Genève et dans les scénarios modélisés pour le canton de Zoug :

- enquête SP 2015 : péage routier testé (dans SP1 et SP2) : 50%, 100% et 200% de 0,06 CHF/km

- enquête SP à Genève : 0 à 6,5 CHF¹⁷ pour la traversée du cordon (max. 0,43 CHF/km)
- scénarios modélisés pour l'étude de Zoug¹⁸ (scénario central + 2 variantes) :
 - péage TIM / coût TP :
 - zones peu denses (sans congestion) : 0,06 à 0,11 CHF/km (TIM) / 0,20 CHF/km (TP)
 - zones denses (sujettes à congestion) :
 - pointe (7h-9h et 17h-19h) : 0,21 à 0,37 CHF/km¹⁹ (TIM) / 0,31 à 0,35 CHF/km (TP)
 - hors pointe : 0 à 0,04 CHF/km (TIM) / 0,13 à 0,14 CHF/km (TP)

A titre de comparaison les coûts variables (carburant, réparation et usure du véhicule, etc.) dans le modèle de transport du canton de Zoug est estimé à 0,17 CHF/km²⁰.

Rappelons que les valeurs testées pour le surcoût aux heures de pointe tant routier que TP doivent couvrir toutes les situations de territoire, c'est-à-dire aussi bien un territoire urbain qu'un territoire rural ou périurbain et que dans l'exercice SP1, les valeurs doivent couvrir toutes les périodes (heures de pointe et heures creuses).

Il a finalement été décidé de tester pour la route un surcoût aux heures de pointe allant jusqu'à 200 % du coût actuel du carburant (c'est ce qui est fait dans l'étude de Zoug : cf. 0,35 CHF/km) et pour le TP un surcoût aux heures de pointe allant jusqu'à 200 % du coût actuel du TP (soit $\sim 0,20 \times 2 = 0,40$ CHF/km²¹). Les valeurs testées pour ce surcoût aux heures de pointe ne sont pas divisées par deux pour les usagers ayant un abonnement « demi-tarif » (Cet élément sera expliqué dans l'enquête pour les personnes concernées, voir la section 11.3.4).

Un montant maximum de 7,2 CHF (30 km * 0,12 * 200%) est fixé pour le surcoût aux heures de pointe. En effet, les zones couvertes par le surcoût aux heures de pointe ne sont pas encore définies mais il est peu probable qu'un déplacement de plus de 30km soit réalisé dans une zone congestionnée.

Dans le modèle national du trafic voyageur (MNTP), en situation de référence 2017, les coûts kilométriques de la voiture sont fixés à 27,1 centimes/km, avec les coûts d'amortissement et de maintenance. Les coûts kilométriques uniquement liés au carburant (taxes comprises) sont fixés à 12,2 centimes/km dans le MNTP 2017. Cette valeur est actualisée pour l'enquête SP 2021, en tenant compte de l'évolution du prix du carburant et de l'inflation, à 12,8 centimes/km.

4.1.6. ATTRIBUTS RELATIFS AU TEMPS ROUTIER

¹⁷ L'enquête porte sur un périmètre couvrant le canton de Genève, le district de Nyon et quatre communautés de communes ou d'agglomération françaises.

¹⁸ Bedingungen und Pflichtenheft. Projekt «Mobility Pricing - Wirkungsanalyse am Beispiel der Region Zug», November 2017.

¹⁹ Plus précisément : 0,21 à 0,25 CHF/km pour la pointe du matin et 0,21 à 0,37 CHF/km pour la pointe du soir.

²⁰ « [Tarification de la mobilité – Analyse d'efficacité fondée sur l'exemple de la région de Zoug, rapport final](#) », publié le 13.12.2019 (en allemand) sur la page « [Tarification de la mobilité](#) » de l'Office fédéral des routes.

²¹ Dans la pratique, nous n'utiliserons cependant pas 20 centimes par kilomètre, mais le prix exact de la course en transports publics selon l'outil de routage (voir la section 8.2).

Dans les questions SP, on n'explique pas le gain de temps dû au surcoût aux heures de pointe, on indique simplement le temps de trajet. On ne présente pas non plus distinctement aux répondants le temps passé hors congestion et le temps passé dans la congestion ; les arguments sont que le nombre d'attributs à traiter est déjà relativement élevé et que l'utilisation de deux coefficients distincts de temps routier peut s'avérer difficile dans le modèle d'affectation routière du MNTP.

4.1.7. INTERVALLES DE VALEURS TESTES (ENSEMBLE DES ATTRIBUTS)

Le tableau ci-dessous présente les intervalles testés dans l'enquête SP 2015²² et ceux que nous avons proposé de tester dans l'enquête SP 2021.

Dans cet exercice SP1, les niveaux peuvent varier selon 3 classes de distance : <10km, 10-30km et >30km. Ces classes de distance ont été définies pour pouvoir d'une part appliquer des niveaux différents pour des trajets courts, moyens et longs, et d'autre part pour appliquer des plans factoriels spécifiques à chaque classe de distance. Cette approche s'appuie sur l'observation d'une variation non-linéaire des comportements en fonction de la distance dans le modèle de l'étude de mobilité de 2015 (fonction non-linéaire Box-Cox pour la distance). Les niveaux appliqués à chaque classe de distance doivent par ailleurs être différents pour certaines variables, entre autres parce qu'une même variation (en pourcentage) d'une valeur faible (par exemple le temps ou le coût pour les courtes distances) n'est pas perçue de la même manière que pour une grande valeur (pour les longues distances).

Concrètement, pour établir les niveaux, nous définissons pour les différentes classes de distances, les variations minimale et maximale qui amèneraient à des valeurs suffisamment réalistes tout en couvrant toute la gamme des scénarios souhaitées – des combinaisons allant de attractives à pénalisantes. Ensuite, les niveaux intermédiaires sont établis, de manière à offrir des pas de variations différents entre chaque niveau successif.

Tableau 4 - Niveaux des attributs du SP1 2021 et SP1 2015

Mode	Attribut	Classe de distance	Niveaux SP 2021	Niveaux SP 2015
TIM	Temps de parcours	<10km	-40% / -20% / +30% / +75%	-20% / -10% / +30%
		>=10km	-30% / -10% / +30% / +50%	
	Temps pour la recherche d'un stationnement	Toutes les cl.	-25% / +25% / +50% / +100%	-25% / +25% / +50%
	Coût du carburant + surcoût de base	Toutes les cl.	-25% / +25% / +50% / +100%	-25% / +25% / +50%
	Surcoût aux heures de pointe	Toutes les cl.	50% / 100% / 150% / 200% de 0.128 CHF/km	50% / 100% / 200% de 0.06 CHF/km
	Coût du stationnement	Toutes les cl.	0 CHF / 2 CHF / 5 CHF / 7 CHF	0 CHF / 2 CHF / 5 CHF
	Risque de retard	Toutes les cl.	5% / 10% / 20% / 30%	10% / 20% / 30%
Durée du retard	<10km	1 min / 2 min / 3 min / 4 min	50% / 100% / 150% de 0.1 * temps de trajet routier (max. 30 min)	
	>=10km	50% / 100% / 150% / 200% de 0.1 * temps de trajet routier (max. 30 min)		
TP	Temps à bord	<10km	-40% / -30% / +30% / +50%	-30% / -10% / +30%

²² SP-Befragung 2015 zum Verkehrsverhalten, ARE, September 2016.

	10-30km	-40% / -30% / +30% / +40%	
	>=30km	-30% / -15% / +15% / +30%	
Temps d'accès et de diffusion	Toutes les cl.	-50% / -25% / 0% / +50%	-50% / 0% / +50%
Prix du déplacement + surcoût de base	Toutes les cl.	-30% / -15% / +25% / +50%	-10% / +25% / +50%
Surcoût aux heures de pointe	Toutes les cl.	50% / 100% / 150% / 200% de 0.20 CHF/km	-
Nombre de changement(s)	Toutes les cl.	-1 / 0 / +1	-1 / 0 / +1
Intervalle de temps entre deux véhicules*	Toutes les cl.	-2 / -1 / 0 / +1	-1 / 0 / +1
Charge de fréquentation**	Toutes les cl.	-2 / -1 / 0 / +1	-1 / 0 / +1
Risque de retard	Toutes les cl.	5% / 10% / 20% / 33%	10% / 20% / 30%
Durée du retard	<10km	1 min / 2 min / 3 min / 4 min	50% / 100% / 150% de 0.1 * temps de trajet en TP (max. 30 min)
	>=10km	50% / 100% / 150% / 200% de 0.1 * temps de trajet en TP (max. 30 min)	

* Intervalles entre deux véhicules : 5, 7, 10, 15, 20, 30, 60, 90, 120 min

** Charge de fréquentation : Faible / moyen / élevé / surchargé

Les intervalles sont toujours égaux à ou plus étendus que ceux de 2015, et ils englobent les niveaux de 2015.

Remarques :

- Concernant le nombre de changements, l'intervalle de temps entre deux véhicules et la charge de fréquentation, s'il n'est pas possible de prendre un niveau en dessous ou au-dessus, on garde le niveau actuel. Par exemple, si le déplacement actuel a 0 changement et que le niveau est -1, on définit le nombre de changements à 0 pour cette question.

La création des plans factoriels a nécessité de créer 10 sous-groupes de design SP1, selon les différents attributs testés (en fonction des modes de transports proposés et du groupe d'attributs 1 ou 2) et les catégories déterminant les niveaux et le design factoriel (les classes de distance).

Tableau 5 - Plans factoriels SP1

Sous-groupe Design SP	Combinaison de modes	Groupe d'attributs	Classe de distance
1A	Marche-Vélo-TP	I	1
1B	Marche-Vélo-TP	II	1
1C	Marche-TIM-TP	I	1
1D	Marche-TIM-TP	II	1
1E	Vélo-TIM-TP	I	1
1F	Vélo-TIM-TP	II	1
1G	TIM-TP	I	2
1H	TIM-TP	I	3
1I	TIM-TP	II	2
1J	TIM-TP	II	3

4.1.8. ANALYSE DES RESULTATS DU PRE-TEST 1 ET AJUSTEMENTS – SP1

L'analyse des résultats du pré-test 1 a servi à vérifier la présence de questions avec une option dominante et de répondants *non-traders*. Une option dominante est une option qui est meilleure que les autres sur tous les attributs ; la question posée est donc triviale. Cependant, comme l'exercice SP1 est un exercice de choix modal, il ne peut pas y avoir d'option vraiment dominante car on ne connaît pas les préférences de tous les répondants pour les modes, ces préférences peuvent toujours contrebalancer des attributs qui seraient tous favorables ou défavorables. Les répondants *non-traders* sont les répondants qui choisissent toujours le même mode ou, dans le cas d'un exercice intra-modal, choisissent toujours l'option la moins chère ou la plus rapide : ils ne font pas vraiment de *trade-offs* (arbitrages) entre les attributs proposés et apportent peu d'information pour l'estimation des modèles. L'analyse sur les *non-traders* a relevé la présence de *non-traders* pour tous les modes, avec une grande part de *non-traders* cyclistes (10 sur 15 usagers vélo), et une part assez faible de *non-traders* usagers de la voiture (4 sur 15 usagers TIM). Le design permet donc bien de capter un *trade-off* pour la voiture. Pour comparaison, l'enquête de 2015 avait donné lieu à des parts de 52% et 66% pour les *non-traders* cyclistes et TIM respectivement. Néanmoins il a été décidé de ne pas apporter de modification au questionnaire, l'échantillon étant trop petit pour tirer des conclusions définitives (notamment pour les cyclistes).

4.1.9. AJUSTEMENTS DU DESIGN SP1 SUITE AU PRE-TEST 2

Le pré-test 2 a été réalisé en avril 2021, sur un échantillon de personnes interrogés lors de l'enquête MRMT du 12 au 29 avril. La génération de questionnaires s'est déroulée en deux vagues de 9 jours successifs, avec le lancement des questionnaires en ligne le 28 avril pour la première vague et le 7 mai pour la deuxième.

Au total, durant le pré-test 2, à partir de 928 répondants à l'enquête MRMT ayant donné leur accord pour participer à l'enquête SP, 773 questionnaires ont pu être générés (155 ont dû être exclus), et au 25 mai (environ 4 et 3 semaines après l'envoi des questionnaires respectivement pour la première et deuxième vague), 371 questionnaires complétés ont été collectés. (Le déroulement du pré-test 2 est présenté plus complètement à la section 9.2.)

Plusieurs contrôles ont été effectués sur les données ayant servi à l'élaboration du pré-test 2, ainsi que sur les résultats recueillis. Notamment, ont été contrôlés : les valeurs de référence utilisées pour le calcul des valeurs dans les questions SP ; le processus de construction des questions SP à partir des plans factoriels ; le taux des *non-traders* ; la structure de l'échantillon obtenu avec la méthode de sélection des déplacements de référence. Ces vérifications ont permis de mettre en évidence quelques points nécessitant des corrections et des ajustements, qui sont détaillés dans l'Annexe 2 – Analyse du pré-test 2.

En ce qui concerne le design SP1, son fonctionnement a été jugé satisfaisant, et il n'a donc pas fait objet d'adaptations suite aux contrôles effectués sur le pré-test 2.

4.2. Exercice SP 2 : Choix de l'itinéraire routier

Dans l'enquête de 2015, les attributs traités pour le choix d'itinéraire routier et le choix d'itinéraire de transport public étaient un sous-ensemble des attributs traités pour le choix modal, plus, pour le TP, le mode principal de TP (bus, tram, train suburbain, train interurbain, car postal, ce dernier mode étant agrégé avec les bus dans l'enquête de 2020/21).

Le tableau suivant présente le format de l'enquête SP2 (choix d'itinéraire routier). La personne interrogée a le choix entre 2 itinéraires en voiture détaillés dans les différentes cases.

Tableau 6 - Exemple d'exercice SP2

Route 1	Route 2
Durée du trajet : ... min	Durée du trajet : ... min
Coût total : ... CHF	Coût total : ... CHF
- Coût du carburant + surcoût de base : ... CHF	- Coût du carburant + surcoût de base : ... CHF
- Surcoût aux heures de pointe : ... CHF	- Surcoût aux heures de pointe : ... CHF

Lorsque le déplacement n'est pas sujet à la congestion (point de départ et d'arrivée du déplacement dans une commune rurale ou déplacement hors des heures de pointe, par définition), l'attribut « surcoût aux heures de pointe » ne s'affiche pas et dans ce cas le « coût total » ne s'affiche pas non plus, car il serait redondant avec le « coût du carburant + surcoût de base ».

Le tableau ci-dessous présente les niveaux proposés pour l'enquête SP 2021 et ceux repris du rapport sur l'enquête SP 2015 (tableau 13).

Tableau 7 - Niveaux des attributs du SP2 2021 et SP2 2015

Attribut	Classe de distance	Niveaux SP 2021	Niveaux SP 2015
Temps de parcours	<10km	-40% / -20% / +30% / +75%	
	>=10km	-30% / -10% / +30% / +50%	-30% / -10% / +30%
Coût du carburant + surcoût de base	Toutes les cl.	-25% / +25% / +50% / +100%	-25% / +25% / +50%
Surcoût aux heures de pointe	Toutes les cl.	50% / 100% / 150% / 200% de 0.128 CHF/km	/
Taxe de péage	Toutes les cl.	/	50% / 100% / 200% de 0.06 CHF/km

Ici aussi, les intervalles des niveaux testés en 2021 sont plus élargis que ceux de 2015 et les englobent.

Les niveaux pour la variable « Temps de trajet routier » sont asymétriques. Les valeurs testées sont plus élevées pour les niveaux qui augmentent la durée du trajet routier que pour les niveaux qui la diminuent. Le niveau « +75% » peut avoir lieu dans le cas d'une congestion très importante.

La création des plans factoriels a nécessité de créer plusieurs sous-groupes de design SP2, afin de différencier les divers cas de variation de niveaux. Ceux-ci se distinguaient par la présence ou l'absence de l'attribut « surcoût aux heures de pointe » (déterminé par les caractéristiques du déplacement), et par les classes de distances (1, 2 et 3).

Tableau 8 - Plans factoriels SP2

Sous-groupe Design SP	Période du déplacement	Classe de distance
2A	Heures de pointe	1
2B	Heures de pointe	2
2C	Heures de pointe	3
2D	Hors heures de pointe	1
2E	Hors heures de pointe	2
2F	Hors heures de pointe	3

Dans l'exercice SP2 ou dans l'exercice SP3, qui sont des exercices « intra-modaux », nous aurions pu ajouter une question de contrôle, c'est-à-dire une question avec une option « dominante », meilleure que l'autre option sur tous les aspects (par exemple meilleur temps, meilleur coût, etc.). Ce type de question sert à repérer les répondants qui ne répondent pas au questionnaire de manière sérieuse. Nous n'avons pas ajouté ce type de question car le questionnaire était déjà long et, après avoir pesé l'avantage (contrôle) et l'inconvénient (longueur), nous avons décidé de ne pas ajouter une question supplémentaire.

4.2.1. ANALYSE DES RESULTATS DU PRE-TEST 1 ET AJUSTEMENTS – SP2

Les résultats du pré-test ont été analysés pour vérifier la présence de questions à options dominantes et le pourcentage de non-traders.

15 personnes ont répondu à l'exercice SP2 lors du pré-test sur 100 répondants. Dans ce groupe, 5 personnes présentaient un comportement de *non-traders*, choisissant toujours l'option la plus rapide et la plus chère. En 2015, le pourcentage de non-traders pour l'exercice SP2 était inférieur à 5%. Nous nous sommes donc demandé si les variations de coût et de temps testaient des valeurs de temps suffisamment hautes. Nous avons remarqué que les 5 non-traders étaient des personnes avec des classes de distance différentes, mais qu'ils étaient tous des voyageurs hors heure de pointe. Ils n'avaient donc pas de surcoût de pointe. Les valeurs de temps maximales testées dans les questions qui leur ont été posées variaient entre 15 CHF/h et 25 CHF/h.

Les niveaux ont donc été ajustés de manière à avoir des cas où on teste des valeurs de temps plus élevées. D'une part nous avons resserré des différences de niveaux pour le temps (10% d'écart entre « -30% » et « -20% »), et d'autre part nous avons augmenté le niveau maximal pour les coûts (jusqu'à

+150%), pour atteindre les coûts kilométriques maximum (en dehors des heures de pointe) proches des coûts maximums testés en 2015 (0,33 CHF/km).

Tableau 9 - Niveaux des attributs du SP2 2021 ajustés après le pré-test 1

Attribut	Classe de distance	Niveaux SP 2021	Niveaux SP 2020 pré-test 1
Temps de parcours	<10km	-40% / -20% / +30% / +75%	-40% / -20% / +30% / +75%
	>=10km	-30% / -20% / +30% / +50%	-30% / -10% / +30% / +50%
Coût du carburant + surcoût de base	Toutes les cl.	-25% / +25% / +50% / +150%	-25% / +25% / +50% / +100%
Surcoût aux heures de pointe	Toutes les cl.	50% / 100% / 150% / 200% de 0.128 CHF/km	/
Taxe de péage	Toutes les cl.	/	50% / 100% / 200% de 0.06 CHF/km

Enfin, l'analyse sur d'éventuelles questions avec dominante n'a pas relevé la présence de ce type de cas.

4.2.2. AJUSTEMENTS DU DESIGN SP2 SUITE AU PRE-TEST 2 (VERSION FINALE)

Les analyses du pré-test 2 ont permis de mettre en évidence des points d'améliorations pour le design de l'exercice SP2. Notamment, en testant un modèle simple construit sur la base des résultats obtenus, il a été possible de calculer les valeurs de temps et les comparer avec l'intervalle de valeurs attendu – de 9,63- CHF/h à 25,93- CHF/h. Les valeurs de temps obtenues ont été pour les différents sous-designs de l'ordre de 20 CHF/h, ce qui semble plutôt haut. Il a ainsi été jugé, que le design des plans factoriels du SP2 pourrait être amélioré en proposant des intervalles de valeurs de coûts plus élevées, pour capter plus de *trade-offs* (voir la section 12.2, dans l'Annexe 2 – Analyse du pré-test 2). Le Tableau 10 présente les modifications apportées aux plans factoriels du design SP2.

Tableau 10 - Niveaux des attributs du SP2 2021 ajustés après le pré-test 2

Attribut	Classe de distance	Niveaux SP 2021 final	Niveaux SP 2020 pré-test 2
Temps de parcours	<10km	-40% / -30% / +30% / +75%	-40% / -20% / +30% / +75%
	>=10km	-30% (+30%*) / -20% / +30% (-20%**) / +50%	-30% / -20% / +30% / +50%
Coût du carburant + surcoût de base	Toutes les cl.	-25% / +25% / +50% / +150%	-25% / +25% / +50% / +150%
Surcoût aux heures de pointe	Toutes les cl.	50% / 100% / 150% / 200% de 0.128 CHF/km	50% / 100% / 150% / 200% de 0.128 CHF/km
Taxe de péage	Toutes les cl.	/	/

* une fois sur trois

** une fois sur trois, pour le sous-design sans surcoût d'heure de pointe

Par ailleurs l'analyse sur les non-traders du SP2 a aussi indiqué l'existence d'un problème, qui toutefois semblait être dû à des erreurs dans la programmation du questionnaire, plutôt que d'un problème de design. Plus précisément, l'analyse a relevé un taux de 25% de répondants *non-traders* choisissant toujours l'itinéraire « le plus rapide et le plus cher ». On s'attendrait normalement à que celui-ci soit au maximum d'ordre de 5% pour cet exercice SP.

Ces résultats semblent être causés par, d'une part, un problème de valeur de référence pour le temps de trajet en voiture, qui donnait systématiquement un temps 8 minutes plus long que prévu pour cet attribut, ainsi que, d'autre part, une erreur de limite inférieure pour les valeurs de coût en SP2. Ceci conduisait, pour des trajets courts, à des options irréalistes - avec des temps en voiture trop longs, et des coûts, au contraire, trop bas. Ces cas de figure donnaient lieu à des choix de type *non-trader*, car choisir l'itinéraire le plus rapide faisait gagner plus de temps que ça aurait normalement dû, et coûtait moins que prévu (un choix entre un trajet de 10 minutes pour 2 centimes contre un trajet de 15 minutes pour 1 centime). Ce problème étant corrigé, le taux de *non-traders* dans le SP2 devrait baisser considérablement et retomber normalement sur des valeurs du même ordre de grandeur, que pour les *non-traders* de l'option « la moins cher et la moins rapide » pour cet exercice – 3,6%.

4.3. Exercice SP3 : Choix de l'itinéraire TP

Le tableau suivant présente le format de l'enquête SP3 (choix d'itinéraire en transports publics). La personne interrogée a le choix entre 2 itinéraires en transports publics détaillés dans les différentes cases.

Comme pour le SP1, les attributs sont divisés en deux groupes (voir Tableau 2). Les attributs en italique sont ceux qui appartiennent uniquement à un des deux groupes.

Tableau 11 - Exemple d'exercice SP3

Itinéraire 1	Itinéraire 2
Moyen de transport principal : ...	Moyen de transport principal : ...
Durée totale : ... min	Durée totale : ... min
- Temps à bord : ... min	- Temps à bord : ... min
- <i>Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt : ... min</i>	- <i>Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt : ... min</i>
Coût total : ...CHF	Coût total : ...CHF
- Prix du déplacement + surcoût de base : ... CHF	- Prix du déplacement + surcoût de base : ... CHF
- <i>Surcoût aux heures de pointe : ... CHF</i>	- <i>Surcoût aux heures de pointe : ... CHF</i>
<i>Charge de fréquentation : ...</i>	<i>Charge de fréquentation : ...</i>
<i>Une liaison toutes les ... min</i>	<i>Une liaison toutes les ... min</i>
<i>Nombre de changements : ...</i>	<i>Nombre de changements : ...</i>
<i>Temps d'attente au(x) changement(s) : ... min</i>	<i>Temps d'attente au(x) changements(s) : ... min</i>

Le tableau ci-dessous présente les niveaux proposés pour l'enquête SP 2021 et ceux repris du rapport sur l'enquête SP 2015.

Tableau 12 - Niveaux des attributs du SP3 2021 et SP3 2015

Attribut	Classe de distance	Niveaux SP 2021	Niveaux SP 2015
Mode principal		-1 / 0 / +1	-1 / 0 / +1
Temps à bord	<10km	-40% / -30% / +30% / +50%	
	10-30km	-40% / -30% / +30% / +40%	-30% / -10% / +30%
	>=30km	-30% / -15% / +15% / +30%	
Temps d'accès et de diffusion	Toutes les cl.	-50% / -25% / 0% / +50%	-50% / 0% / +50%
Prix du déplacement + surcoût de base	Toutes les cl.	-30% / -15% / +25% / +50%	-10% / +25% / +50%
Surcoût aux heures de pointe	Toutes les cl.	50% / 100% / 150% / 200% de 0.20 CHF/km	/
Nombre de changements	Toutes les cl.	-1 / 0 / +1	-1 / 0 / +1
Temps d'attente en correspondance	Toutes les cl.	-50% / 0% / +50%	-50% / 0% / +50%
Charge de fréquentation du véhicule**	Toutes les cl.	-2 / -1 / 0 / +1	-1 / 0 / +1
Intervalle de temps entre deux véhicules*	Toutes les cl.	-2 / -1 / 0 / +1	-1 / 0 / +1

* Intervalles entre deux véhicules : 5, 7, 10, 15, 20, 30, 60, 90, 120 min

** Charge de fréquentation: Faible / moyen / élevé / surchargé

Pour certains attributs, la valeur actuelle du répondant (valeur pour son déplacement de référence) peut correspondre à une valeur limite de variation des niveaux. Dans ces cas, les variations allant au-delà de la valeur limite ne sont pas possibles. Dans le premier pré-test nous avons assigné dans ces situations la valeur limite. Les attributs concernés sont « Mode principal », « Nombre de changements », « Charge de fréquentation du véhicule » et « Intervalle de temps entre deux véhicules ». On verra plus loin (section 4.3.1) les modifications apportées suite au pré-test 1.

Les variations possibles du mode de transport principal actuel sont définies dans le Tableau 13 ci-dessous, provenant de l'enquête SP 2015 :

Tableau 13 - Mode principal

Mode principal actuel	Mode possible dans le questionnaire
Bus	Bus, Tram
Tram ou Métro	Bus, Tram ou Métro
RER / Train régional	Tram, RER / Train régional
Train	Train
Bateau ou Funiculaire	Bateau ou Funiculaire

En détail,

- si le moyen de transport principal actuel est le **bus**, les moyens de transport possibles dans le questionnaire sont :
 - o le **tram** (correspondant à la valeur +1 dans le plan d'expérience)
 - o le **bus** (correspondant à la valeur 0 dans le plan d'expérience), et
 - o il n'y a pas de moyen de transport correspondant à la valeur -1 dans le plan d'expérience ;
- si le moyen de transport principal actuel est le **tram** (ou le **métro**), les moyens de transport possibles dans le questionnaire sont :
 - o le **bus** (-1 dans le plan d'expérience),
 - o le **tram** (ou le **métro**) (0), et
 - o il n'y a pas de moyen de transport +1 ;

Certaines villes suisses ont un métro et n'ont pas de tramway. Comme les deux modes ont des caractéristiques proches et peuvent être assimilés, ils sont traités de la même manière. La seule différence est le nom du mode affiché dans les options proposées au répondant – « métro » si son mode principal reconnu est celui du « métro », « tram » sinon.

- si le moyen de transport principal actuel est le **RER / train régional** (en allemand « S-Bahn »), les moyens de transport possibles dans le questionnaire sont :
 - o le **tram** (-1),
 - o le **RER / train régional** (0), et
 - o il n'y a pas de moyen de transport +1 ;
- si le moyen de transport principal actuel est le **train** (en allemand « Bahn »), le seul moyen de transport possible dans le questionnaire est le train.
- si le moyen de transport principal actuel est le **bateau** ou le **funiculaire**, le seul moyen de transport possible dans le questionnaire est le mode actuel en question (le bateau ou le funiculaire). Comme il s'agit de modes très particuliers liés à la géographie du parcours, nous considérons qu'ils sont difficilement remplaçables, et nous ne proposons donc pas de modes principaux alternatifs.

Les prix TP proposés dans les questions sont calculés sur base du prix actuellement payé par l'utilisateur et donc en fonction du sous-mode actuellement utilisé (bus, tram, RER, train ou autre) et ce, quel que soit le mode principal proposé. Si le répondant se déplace actuellement en RER, son prix sera défini

par rapport à ce sous-mode pour tous les itinéraires alternatifs, même si le mode principal de l'itinéraire alternatif est le tram.

La création des plans factoriels a nécessité de créer plusieurs sous-groupes de design SP3, afin de différencier les divers cas de variation de niveaux. Ceux-ci se distinguaient par le groupe d'attributs (1 ou 2) et les classes de distance (1, 2 et 3). Il a été décidé de ne pas distinguer les répondants voyageant durant et hors les périodes de pointe pour limiter le nombre de sous-groupes.

Tableau 14 - Plans factoriels SP3

Sous-groupe Design SP	Groupe d'attributs	Classe de distance
3A	I	1 (<10km)
3B	I	2 (≥10km, <30km)
3C	I	3 (≥30km)
3D	II	1
3E	II	2
3F	II	3

4.3.1. ANALYSE DES RESULTATS DU PRE-TEST 1 ET AJUSTEMENTS – SP3

Le pré-test a permis de mettre en évidence la présence d'un nombre élevé de questions à option dominante (11% de l'ensemble des questions posées) pour l'exercice SP3. Pour rappel, il s'agit de questions où une option était, pour tous les attributs présentés, meilleure que l'autre, ne testant donc aucun *trade-off* de la part du répondant.

Cependant, les variations de niveaux d'attribut déterminés dans les plans factoriels ne devaient pas donner lieu à des options dominantes. Notre analyse a permis de trouver que ce problème venait d'une non-variation de certains attributs. D'une part celle-ci pouvait survenir lorsque les valeurs des attributs étaient plafonnées à une valeur limite. Dans ces cas, le même niveau limite était attribué pour plusieurs niveaux donnés par le plan factoriel (par exemple pour un déplacement de référence avec 0 correspondance, les niveaux -1 et 0 donnent, tous les deux, lieu à l'attribution de la valeur de 0 correspondance pour cet attribut). Les valeurs limites pouvaient être rencontrées pour les attributs « mode principal », « nombre de changements », « charge de fréquentation » et « intervalle de temps entre les correspondances ». D'autre part, la non-variation survenait aussi pour les cas où intentionnellement on ne faisait pas varier les valeurs ou on n'affichait pas un attribut pourtant présent dans le plan factoriel. Il s'agissait du sous-mode « Train » pour l'attribut « mode principal », ainsi que de l'attribut « surcoût en heure de pointe ». Lorsqu'un ou plusieurs attributs présentent des valeurs qui ne varient pas, le plan factoriel ne fonctionne pas comme prévu, ce qui peut conduire à des options dominantes. Nous avons donc modifié les règles d'application de niveaux afin de régler au maximum le problème des attributs non-variant (Tableau 15).

Tableau 15 - Niveaux des attributs du SP3 2021 ajustés après le pré-test

Attribut	Classe de distance	Niveaux SP 2021	Niveaux SP 2020 pré-test 1
Mode principal	<30km	0 / +1	-1 / 0 / +1

		≥30km	-1 / 0 / +1
Temps à bord	<10km	-40% / -30% / +30% / +50%	-40% / -30% / +30% / +50%
	10-30km	-40% / -30% / +30% / +40%	-40% / -30% / +30% / +40%
	≥30km	-30% / -15% / +15% / +30%	-30% / -15% / +15% / +30%
Temps d'accès et de diffusion	Toutes les cl.	-50% / -25% / 0% / +50%	-50% / -25% / 0% / +50%
Prix du déplacement + surcoût de base	Toutes les cl.	-30% / -15% / +25% / +50%	-30% / -15% / +25% / +50%
Surcoût aux heures de pointe	Toutes les cl.	50% / 100% / 150% / 200% de 0.20 CHF/km	50% / 100% / 150% / 200% de 0.20 CHF/km
Nombre de changements	Toutes les cl.	-1 / 0 / +1	-1 / 0 / +1
Temps d'attente en correspondance	Toutes les cl.	-50% / 0% / +50%	-50% / 0% / +50%
Charge de fréquentation du véhicule**	Toutes les cl.	« 1 » / « 2 » / « 3 »	-2 / -1 / 0 / +1
Intervalle de temps entre deux véhicules*	Toutes les cl.	-2 / -1 / 0 / +1	-2 / -1 / 0 / +1

* Intervalles entre deux véhicules : 5, 7, 10, 15, 20, 30, 60, 90, 120 min

** Charge de fréquentation : faible / moyen / élevé / surchargé (voir Tableau 19)

Pour certains attributs, les niveaux appliqués sont désormais des valeurs « prédéfinies » (c'est-à-dire pas des valeurs calculées à partir des caractéristiques du déplacement de référence) et s'appliquent différemment que dans le pré-test 1, lorsque la valeur limite est atteinte. La variation pour ces attributs est présentée en détail ci-dessous.

- **Mode principal**

En plus de la volonté de résoudre le problème de la non-variation, de nouveaux objectifs relatifs au mode principal ont été introduits. Il s'agit d'étudier plus en détail le mode « train » d'une part pour pouvoir évaluer si celui-ci présente un avantage en soi, comparé aux autres modes et le mode « bus longue distance » (qui n'existe pour l'instant presque pas en Suisse), pour évaluer la concurrence de celui-ci par rapport au train.

La version finale retenue consiste en un design factoriel à deux niveaux pour les distances courtes et moyennes (inférieures à 30 km), comme présenté dans le Tableau 16, et à trois niveaux pour les distances longues (Tableau 17). La distinction par classe de distance permet de proposer un mode supplémentaire pour les trajets de longue distance, avec notamment le Train Régional qui pourra être proposé aux personnes se déplaçant en Bus et en Tram. En effet, dans la réalité, pour des longues distances le train peut effectivement être une alternative intéressante. Pour les distances inférieures à 30 km ce mode n'est pas proposé car il est moins réaliste pour ces trajets-là d'avoir une alternative en train, et cette option pourrait porter à confusion pour les répondants.

Tableau 16 - Niveaux pour le Mode principal ajustés – classes de distance 1 et 2

Mode principal actuel	Mode principal proposé selon le niveau	
	0	1
Bus	<i>Bus</i>	<i>Tram</i>
Tram	<i>Bus</i>	<i>Tram</i>
RER / Train régional	<i>Tram</i>	<i>RER / Train régional</i>
Train	<i>Bus longue distance</i>	<i>Train</i>

Tableau 17 - Niveaux pour le Mode principal ajustés – classe de distance 3

Mode principal actuel	Mode principal proposé selon le niveau		
	-1	0	+1
Bus	<i>Bus</i>	<i>Tram</i>	<i>RER / Train régional</i>
Tram	<i>Bus</i>	<i>Tram</i>	<i>RER / Train régional</i>
RER / Train régional	<i>Bus longue distance</i>	<i>RER / Train régional</i>	<i>Train</i>
Train	<i>Bus longue distance</i>	<i>RER / Train régional</i>	<i>Train</i>

- **Nombre de changements (pas de modification par rapport au pré-test)**

Pour le cas où le nombre de correspondance est 0, les niveaux 0 et -1 correspondent tous deux à 0 correspondance. Il y a donc deux valeurs identiques dans le plan factoriel. Il serait possible de proposer pour les personnes réalisant 0 correspondance les mêmes alternatives que pour ceux effectuant 1 correspondance, mais une augmentation de 0 (nombre de correspondance actuel) à 2 correspondances (dans les situations de choix) a été considéré comme excessive. Par ailleurs, le risque d'apparition de questions à option dominante est suffisamment réduit avec les autres ajustements.

Tableau 18 - Niveaux pour le nombre de changements

Nombre de correspondances actuel	Nombre de correspondances proposé selon le niveau		
	-1	0	1
0	0	0	1
1	0	1	2
2	1	2	3
N (N>2)	N-1	N	N+1

- **Charge de fréquentation du véhicule**

Tableau 19 - Niveaux pour la charge de fréquentation (SP3)

Charge de fréquentation actuelle	Charge de fréquentation proposée selon les niveaux		
	1	2	3
faible	<i>faible</i>	<i>moyenne</i>	<i>élevée</i>
moyenne	<i>faible</i>	<i>moyenne</i>	<i>élevée</i>
élevée	<i>moyenne</i>	<i>élevée</i>	<i>surchargée</i>
surchargée	<i>moyenne</i>	<i>élevée</i>	<i>surchargée</i>

- **Intervalle de temps entre deux véhicules**

Tableau 20 - Niveaux pour l'intervalle de temps entre deux véhicules (SP3)

Intervalle de temps actuel	Intervalle de temps proposé selon les niveaux			
	-2	-1	0	1
5	5	7	10	15
7	5	7	10	15
10	5	7	10	15
15	7	10	15	20
20	10	15	20	30
30	15	20	30	60
60	20	30	60	90
90	30	60	90	120
120	30	60	90	120

Par ailleurs, un design supplémentaire est nécessaire pour les répondants n'ayant pas l'attribut de surcoût d'heure de pointe.

Tableau 21 - Plans factoriels SP3 ajustés

Sous-groupe Design SP	Groupe d'attribut	Classe de distance	Période
3A	I	1 (<10km)	Heures de pointe
3B	I	2 (≥10km, <30km)	Heures de pointe
3C	I	3 (≥30km)	Heures de pointe
3D	II	1	Heures de pointe
3E	II	2	Heures de pointe
3F	II	3	Heures de pointe
3G	I	1	Hors heures de pointe
3H	I	2	Hors heures de pointe
3I	I	3	Hors heures de pointe
3J	II	1	Hors heures de pointe
3K	II	2	Hors heures de pointe
3L	II	3	Hors heures de pointe

En ce qui concerne les non-traders, leur part est très faible dans le SP3 – seulement une personne sur 30 a toujours choisi l'option la moins chère. C'est un résultat satisfaisant.

4.3.2. AJUSTEMENTS DU DESIGN SP3 SUITE AU PRE-TEST 2

Les contrôles effectués suite au pré-test 2 ont confirmé que le design du SP3 fonctionne correctement et ne nécessite pas d'ajustements.

4.4. Exercice SP4 : Choix de l'heure de départ

4.4.1. REpondants AUXQUELS L'EXERCICE SP4 EST ADMINISTRE

Cet exercice est administré uniquement aux répondants dont le déplacement de référence a été effectué en voiture ou en transport public, un jour ouvrable en période de pointe du matin ou du soir, dont le déplacement de référence a pour origine et/ou pour destination une commune « urbaine » ou

« intermédiaire »²³, et quel que soit le motif. Les « période de pointe » du matin ou du soir sont définies comme 7-9h et 17-19h, comme dans l'enquête de Zoug. Cette définition intervient uniquement pour la sélection des répondants, elle n'a pas d'implication sur les valeurs présentées.

Le schéma tarifaire envisagé prévoit que dans les zones ne connaissant pas la congestion, il y aura un tarif unique (pas de modulation en fonction de l'heure de la journée). C'est pour cela que l'exercice SP4 est administré uniquement aux personnes dont le déplacement a pour origine et/ou pour destination une commune « urbaine » ou « intermédiaire » selon la « Typologie urbain-rural 2012 » de l'OFS²⁴. Cette typologie contient trois catégories : « urbain », « intermédiaire » et « rural » (voir Tableau 22). Dans des zones rurales peu denses qui ne connaissent pas la congestion, il n'est pas prévu de faire payer plus cher en période de pointe par rapport aux heures creuses et il n'est donc pas pertinent de poser la question de l'heure de départ. Les données des interviews téléphoniques du MRMT 2021 contiennent le « numéro de commune OFS », qui nous permet de faire le lien avec la classification de l'OFS.

Tableau 22 - Vue d'ensemble des trois catégories de la typologie urbain-rural (OFS)

	Nombre de communes au 1.1.2017	Part de la population (31.12.2015)	Part des emplois (31.12.2013)
1 – Urbain	488	63%	75%
2 – Intermédiaire	579	21%	15%
3 – Rural	1188	16%	10%

Concernant la flexibilité des horaires, on administre l'exercice SP4 à tous les individus quelle que soit la flexibilité qu'ils ont (éventuellement) déclarée dans le module 2 du microrecensement. L'idée est que certaines personnes pourraient répondre qu'elles n'ont pas de flexibilité pour l'instant mais néanmoins avoir une certaine marge de manœuvre qu'elles pourraient utiliser dans le cas d'un surcoût aux heures de pointe.

Pour rappel, les personnes sélectionnées pour le module 2 du microrecensement (module portant sur « mobilité douce et situation professionnelle »), soit environ 30 % de l'échantillon total du MRMT, sont interrogées sur la flexibilité de leurs horaires de travail de la manière suivante : « Comment pouvez-vous organiser votre horaire de travail ? Avez-vous ... », avec les possibilités de réponse suivantes :

- des heures de travail fixes pour le début et la fin du travail (1) (par exemple de 8h à 17h)
- des heures de travail bloquées (fixes) (2) (par exemple être présent au bureau au moins de 9 à 12h et de 14 à 16h)
- un nombre d'heures de travail fixe par semaine ou par mois (3)
- des horaires de travail totalement flexibles (4)
- ne sait pas (-97)

²³ « Typologie urbain-rural 2012 » de l'Office fédéral de statistique, voir « [Typologie des communes et typologie urbain-rural 2012](#) », OFS, 2017, la [carte](#) et la [liste des communes sous forme de tableau](#)

²⁴ « Typologie urbain-rural 2012 » de l'Office fédéral de statistique, voir « [Typologie des communes et typologie urbain-rural 2012](#) », OFS, 2017, la [carte](#) et la [liste des communes sous forme de tableau](#)

- pas de réponse (-98).

Préalablement aux questions SP, quelques questions RP sont posées à tous les répondants concernés par le SP4 :

- « Avez-vous décalé votre heure de départ (par rapport à votre heure préférée) pour éviter des embouteillages ou la surcharge en transports publics ?
 - Non, je n'ai pas décalé mon heure de départ
 - Oui, j'aurais préféré partir plus tôt : ...h...min
 - Oui, j'aurais préféré partir plus tard : ...h...min »
- « Pour ce déplacement, quelle est votre heure d'arrivée préférée (s'il n'y avait pas eu d'embouteillages ou de la surcharge en transports publics) ? ...h ...min » (Pour les motifs comme le travail et l'étude, l'heure d'arrivée est plus contrainte que l'heure de départ et certains modèles ont montré qu'il était plus pertinent de modéliser le « consentement à se reporter » par rapport à l'heure d'arrivée que par rapport à l'heure de départ).
- pour les déplacements domicile-travail, et uniquement pour les personnes enquêtées qui n'ont pas encore répondu à cette question dans le MRMT 2021 (environ 70% de l'échantillon) :
« Comment pouvez-vous organiser votre horaire de travail ? Avez-vous ... » (On reprend ici la même formulation de question et les mêmes modalités de réponses que dans le microrecensement).
- pour les autres motifs (y compris « études ») :
« Quelle est la flexibilité de votre heure de départ et de votre heure d'arrivée pour ce déplacement ? (Plusieurs réponses possibles)
 - J'ai beaucoup de flexibilité dans mes horaires, je n'ai pas de contrainte
 - J'ai un peu de flexibilité dans mes horaires
 - Mon heure de départ pour ce déplacement est fixe
 - Mon heure d'arrivée pour ce déplacement est fixe »

Le degré de flexibilité pourra être testé comme variable explicative dans la modélisation. Cette variable peut évidemment se révéler très déterminante dans la propension à changer d'heure. Si elle est conservée dans le modèle d'application, il s'agit ensuite d'estimer la part de déplacements « flexibles » dans la demande, par motif de déplacement. Pour les déplacements domicile-travail, les données RP recueillies dans le microrecensement (question F812.00 posée dans le module 2 à 30% de l'échantillon) et dans l'enquête SP permettront d'estimer un taux d'horaires flexibles par groupe socio-économiques. Ensuite, dans le modèle national, il suffira d'appliquer ces taux aux zones d'origine, par groupe socio-économique, dans la matrice des déplacements domicile-travail. Pour les autres motifs, un taux uniforme sur l'ensemble de la demande pourrait être utilisé.

En ce qui concerne le mode routier, nous interrogeons les passagers et les conducteurs et nous conservons l'information « passager » ou « conducteur » pour pouvoir estimer des modèles séparés ou

des coefficients spécifiques aux passagers, parce qu'ils ont probablement moins de liberté que les conducteurs pour le choix de leur heure de départ.

4.4.2. DESIGN DE L'EXERCICE SP4 ET VARIABLES ETUDIEES

L'exercice SP4 combine le choix du mode et le choix de l'heure de départ. De cette manière, l'exercice SP permet de répondre à deux objectifs : estimer les fonctions d'utilité relatives au choix de l'heure de départ et estimer la structure hiérarchique du choix combiné du mode et de l'heure de départ (les usagers choisissent-ils d'abord le mode et puis l'heure, ou bien choisissent-ils d'abord l'heure et ensuite le mode ?²⁵). Nous renvoyons le lecteur à la revue de la littérature qui a été réalisée sur la modélisation du choix de l'heure de départ. Il ressort notamment de cette revue que cette forme combinée des questions SP, mêlant choix du mode et choix de l'heure, est couramment utilisée²⁶ ; c'est aussi le type de design qui a été utilisé dans l'enquête SP réalisée sur le péage routier à Genève en 2017²⁷. Concernant la hiérarchie, on peut aussi d'ores et déjà noter, comme enseignements de la revue, primo que la hiérarchie peut être différente en fonction des motifs (la contrainte horaire est plus stricte pour les déplacements domicile-travail et domicile-étude), et secundo que la hiérarchie dépend de la « taille » des périodes temporelles considérées (à titre d'exemple un peu caricatural : s'il s'agit de choisir entre des périodes très larges, par exemple entre 6h-10h et 10h-14h, elles sont moins « substituables », et donc il est plus probable que le choix de la période sera au-dessus du choix du mode ; par contre, s'il s'agit de choisir entre les périodes plus étroites 7h30-8h00, 8h00-8h30, 8h30-9h00, elles sont plus semblables, plus substituables, et la probabilité est plus grande de voir le choix du mode en haut de la hiérarchie)²⁸.

Dans l'exercice SP4, les personnes-cibles peuvent choisir entre trois options :

Pour les usagers TIM :

- option A : mode actuel (TIM), heure de départ actuelle ou proche de l'actuelle (variations de 1/- 5 minutes, voir 3^e remarque de la section 4.4.3), coût du carburant + surcoût de base, surcoût aux heures de pointe, variation autour du temps de déplacement TIM actuel
- option B : mode actuel (TIM), heure de départ décalée (plus tôt ou plus tard) par rapport à celle de l'option A et hors de l'heure de pointe, même coût pour le carburant + surcoût de base que dans l'option A, coût total moindre parce que le surcoût aux heures de pointe est nul, temps de déplacement inférieur ou égal au temps de l'option A

²⁵ Même si les deux choix sont entremêlés et effectués pratiquement en même temps, les personnes décident en principe d'abord du choix qui présente les options les plus différentes les unes des autres : elles commencent par le choix qui risque de leur « coûter » le plus.

²⁶ Voir par exemple « Quantifying travellers' willingness to pay for a tolled tunnel in Copenhagen », Hui Lu et al., European Transport Conference, 2018.

²⁷ Enquête sur la disposition à payer des résidents de l'agglomération, dans le cadre de la mise en place d'un péage urbain à Genève, commandée par la Direction générale des transports de l'Etat de Genève.

²⁸ Hess, S. D. (2007). On the development of time period and mode choice model for use in large scale modelling forecasting systems.

- option C : mode alternatif (TP), même heure de départ que dans l'option A, variation autour du coût actuel TP (prix du déplacement + surcoût de base), surcoût aux heures de pointe, variation autour du temps de déplacement TP actuel

Voiture A	Voiture B	Transport public
Heure de départ : ...h...	Heure de départ : ...h...	Heure de départ : ...h...
Coût total : ... CHF	Coût total : ... CHF	Coût total : ... CHF
- Coût du carburant + surcoût de base: ... CHF	- Coût du carburant + surcoût de base: ... CHF	- Prix du déplacement + surcoût de base: ... CHF
- Surcoût aux heures de pointe : ...CHF	- Surcoût aux heures de pointe : 0 CHF	- Surcoût aux heures de pointe : ...CHF
Temps total: ...min	Temps total: ...min	Temps total: ...min

Pour les usagers TP :

- option A : mode actuel (TP), heure de départ actuelle ou proche de l'actuelle, prix du déplacement + surcoût de base, surcoût aux heures de pointe, variation autour du temps de déplacement TP actuel, charge de fréquentation actuelle, nombre de changements ;
- option B : mode actuel (TP), heure de départ décalée (plus tôt ou plus tard) par rapport à celle de l'option A et hors de l'heure de pointe, même prix du déplacement + surcoût de base que dans l'option A, coût total moindre parce que le surcoût aux heures de pointe est nul, même temps de déplacement qu'en A, charge de fréquentation moindre, nombre de changements ;
- option C : mode alternatif (TIM), même heure de départ que dans l'option A , variation autour du coût actuel TIM, surcoût aux heures de pointe , temps actuel TIM et variations autour de ce temps.

Comme dans l'exercice SP1, pour les attributs qui ne sont pas présentés dans l'exercice, des valeurs doivent être précisées aux répondants. C'est pourquoi les questions SP sont précédées de cette phrase d'introduction :

Pour **tous les scénarios qui suivent**, supposez que :

Pour le transport public :

- le temps total de marche jusqu'au premier arrêt (ou gare) et depuis le dernier arrêt (ou gare) est de **5 minutes**.
- le temps d'attente est celui de votre déplacement déclaré, et ne varie pas d'une option à l'autre

Trajet en transport public A	Trajet en transport public B	Voiture
Heure de départ : ...h...	Heure de départ : ...h...	Heure de départ : ...h...
Coût total : ... CHF	Coût total : ... CHF	Coût total : ... CHF
- Prix du déplacement + surcoût de base : ... CHF	- Prix du déplacement + surcoût de base : ... CHF	- Coût du carburant + surcoût de base : ... CHF

- Surcoût aux heures de pointe : ...CHF La charge de fréquentation : ... Changement(s) : ... Temps total: ...min	- Surcoût aux heures de pointe : 0 CHF La charge de fréquentation : ... Changement(s) : ... Temps total: ...min	- Surcoût aux heures de pointe : ...CHF Temps total: ...min
--	---	---

Pour les usagers TP qui ne disposent pas d'une voiture dans leur ménage, l'exercice SP4 se réduit au choix entre deux options, les options A et B.

Les attributs étudiés sont :

- Pour les usagers TIM :
 - l'heure de départ pour les 3 options
 - le coût du carburant + surcoût de base (TIM)
 - surcoût aux heures de pointe (TIM)
 - le temps de trajet (en TIM et en TP)
 - le prix du déplacement TP surcoût de base (TP)
 - le surcoût aux heures de pointe (TP)

- Pour les usagers TP :
 - l'heure de départ pour les 3 options
 - le prix du déplacement + surcoût de base (TP)
 - le surcoût aux heures de pointe (TP)
 - la charge de fréquentation (TP)
 - le nombre de changements (TP)
 - le temps de trajet (en TP et en TIM)
 - le coût du carburant + surcoût de base (TIM)
 - le surcoût aux heures de pointe (TIM).

Dans les enquêtes SP portant sur le choix de l'heure de départ, les options temporelles peuvent être exprimées de deux manières : soit par une heure précise, déterminée à partir de l'heure de départ réelle du répondant (par exemple 7h50, 8h05, 8h35, ...), soit par une période (pointe/hors pointe), prédéfinie, identique pour tous les répondants, et relativement large (par ex. « 7h-9h » et « en dehors de 7h-9h »). Nous avons choisi la première manière de faire. Elle est plus facile à comprendre et plus réelle pour le répondant, et permet plus de flexibilité au stade ultérieur de la modélisation. En outre, il est toujours possible d'élaborer un modèle basé sur la deuxième manière à partir de données obtenues avec la première, alors que le contraire ne serait pas possible. Cependant, les modèles élaborés sur base d'heures précises sont plus difficiles à estimer : les options étant corrélées, le modèle doit être de la forme *cross-nested logit*²⁹. La deuxième méthode est beaucoup plus limitante puisque dans les simulations ultérieures, on est limité à une seule définition de la période de pointe (alors que, en toute généralité, l'objectif du modèle peut être de tester différents niveaux de péage et aussi différentes définitions de la période de pointe).

²⁹ Voir « A discrete choice model for ordered alternatives », Kenneth A. Small, 1987.

La question s'est posée de faire varier la fréquence du transport public entre heure de pointe et heure creuse. La littérature comporte sensiblement plus d'exemples d'enquêtes SP portant sur le choix de l'heure des automobilistes que d'exemples sur le choix de l'heure des usagers TP. Il existe en tout cas des exemples d'enquêtes sur les usagers TP qui incluent l'attribut « fréquence » dans le design SP : le trade-off présenté aux répondants propose un décalage de l'heure de départ en dehors de la pointe, à un moindre coût, avec un moindre encombrement (plus de chance d'avoir une place assise), mais une moins bonne fréquence. Les questions SP peuvent être plus difficiles à construire (à cause de ces différences en + et en -) et l'effort demandé aux répondants est plus important. Il a été décidé de ne pas ajouter d'attribut « fréquence » dans l'exercice SP 4 pour les personnes voyageant en TP car :

- en Suisse, l'offre ferroviaire est cadencée sur quasi tout le réseau : la fréquence est donc similaire aux heures creuses et aux heures de pointe. Même s'il y a des renforcements aux heures de pointe (des trains supplémentaires), l'impact de ceux-ci n'est pas suffisant pour justifier l'ajout de l'attribut « fréquence » dans l'exercice SP 4 ;
- la question du choix de l'heure de départ est avant tout une question sur l'horaire (« Quand partez-vous ? ») et pas une question sur la fréquence, les deux notions peuvent être difficiles à appréhender ensemble ;
- l'attribut « fréquence » est traité dans l'exercice SP 1 qui porte sur le choix modal ;
- cela augmenterait le nombre d'attributs et la charge du répondant.

Nous précisons donc en introduction « le temps d'attente est celui de votre déplacement déclaré, et ne varie pas d'une option à l'autre » pour éviter toute ambiguïté dans les zones où le TP n'est pas cadencé. Un temps d'attente identique sous-entend une fréquence identique.

Par ailleurs, afin de pouvoir décomposer le temps TP en temps à bord et en temps de marche lors de la modélisation, nous avons voulu imposer aux répondants une valeur fixe pour le temps de marche. Pour cette raison, nous précisons également : « le temps total de marche jusqu'au premier arrêt (ou gare) et depuis le dernier arrêt (ou gare) est de **5 minutes** ». Le temps total présenté s'obtient effectivement en appliquant la variation fournie par les niveaux sur le temps à bord actuel des répondants et en rajoutant 5 minutes de temps de rabattement.

4.4.3. INTERVALLES DE VALEURS TESTES

Pour le décalage de l'heure de départ, l'intervalle de valeurs testées va de - 60 minutes (par rapport à l'heure actuelle de départ) jusqu'à + 60 minutes. Nous proposons de tester différents niveaux intermédiaires, pour capter une éventuelle non-linéarité (la désutilité associée à un décalage de 60 min pourrait être plus que 4 fois plus grande que la désutilité associée à un décalage de 15 min). L'attribution d'un jeu de niveau ou de l'autre à une personne-cible est aléatoire.

Les jeux de niveaux testés sont :

- -60 min, -30 min, +30 min, +60 min
- -45 min, -15 min, +15 min, +45 min.

En théorie, les questions SP peuvent être construites à partir de l'heure de départ actuelle ou à partir de l'heure de départ préférée. Chaque option présente des avantages et des inconvénients et les deux

manières de faire sont utilisées, dans la littérature. Dans le cas présent, nous utilisons l'heure de départ actuelle car c'est la seule qui est demandée dans le MRMT 2021.

Le principal inconvénient de travailler avec l'heure de départ actuelle est qu'il est possible que le répondant effectue déjà un décalage par rapport à son heure de départ préférée. Dans ce cas, on estimera des « désutilités » de décalage par rapport à une heure qui n'est pas son heure préférée, ce qui peut fausser les estimations des coefficients des fonctions d'utilité.

L'utilisation de l'heure de départ préférée résout ce problème. Par contre, l'inconvénient de l'heure de départ préférée est qu'elle est difficile à observer. Pour obtenir cette information, il faut réaliser une enquête alors que la distribution des heures de départ actuelles peut être observée à l'aide de données de comptages. Pour l'enquête SP 2021, quelques questions RP ont été posées à ce sujet (voir Chapitre 4.4.1).

Une suggestion pour le MRMT 2025 est de demander à toutes les personnes se déplaçant aux heures de pointe leur heure de départ préférée, pour pouvoir ensuite l'utiliser dans l'enquête SP 2025.

Pour les usagers TIM :

Tableau 23 - Niveaux des attributs du SP4 2021 – TIM

Options	Attribut	Niveaux SP 2021
Option A - TIM	Heure de départ	-5 min / 0 / 0 / +5 min*
	Coût du carburant + surcoût de base	-25% / +25% / +50% / +100%
	Surcoût aux heures de pointe	50% / 100% / 150% / 200% de 0.128 CHF/km
	Le temps total	-40% / -25% / +25% / +40%
Option B - TIM	Heure de départ	-60 / -30 / +30 / +60 min ou -45 / -15 / +15 / +45 min par rapport à l'heure A
	Coût du carburant	= Coût A
	Surcoût aux heures de pointe	0
	Le temps total	-40% / -30% / -10% / 0% par rapport au temps A
	Option C - TP	Heure de départ
	Prix du déplacement + surcoût de base	-30% / -15% / +25% / +50%
	Surcoût aux heures de pointe	50% / 100% / 150% / 200% de 0.2 CHF/km (max. 0,40/km)
	Le temps total	-25% / -15% / 0% / +25%

*par rapport à l'heure de départ actuelle

Pour les usagers TP :

Tableau 24 - Niveaux des attributs du SP4 2021 – TP

Options	Attribut	Niveaux SP 2021
Option A - TP	Heure de départ	-5 min / 0 / 0 / +5 min*
	Prix du déplacement + surcoût de base	-30% / -15% / +25% / +50%
	Surcoût aux heures de pointe	50% / 100% / 150% / 200% de 0.2 CHF/km (max. 0,40/km)
	Charge de fréquentation	Niveau actuel
	Nombre de correspondances	-1 / 0 / +1
	Le temps total	-25% / 0% / +15% / +25%
Option B - TP	Heure de départ	-60 / -30 / +30 / +60 min ou -45 / -15 / +15 / +45 min par rapport à l'heure A
	Prix du déplacement + surcoût de base	= Coût A
	Surcoût aux heures de pointe	0
	Charge de fréquentation	-2 / -1
	Nombre de correspondances	-1 / 0 / +1
	Le temps total	= Temps option A
Option C - TIM (si le répondant dispose d'une voiture)	Heure de départ	Heure option A
	Coût du carburant + surcoût de base	-25% / +25% / +50% / +100%
	Surcoût aux heures de pointe	50% / 100% / 150% / 200% de 0.12 CHF/km
	Le temps total	-40% / -25% / +25% / +40%

*par rapport à l'heure de départ actuelle

Pour la définition des intervalles, nous sommes repartis des intervalles du SP1. Nous avons réduit les variations, excepté pour le surcoût aux heures de pointe qui est le principal attribut dont on veut mesurer l'effet.

Remarques :

1. Le temps à bord et le temps de rabattement à l'arrêt et vers la destination ne sont pas montrés dans les tableaux du SP4. Nous montrons uniquement le temps total pour faciliter la comparaison avec le trajet en voiture. Un temps de rabattement fixe de 5 minutes est défini pour tous les répondants et leur est indiqué avant les tableaux.
2. Pour les usagers TP, l'option TP proposée à l'heure de départ décalée (option B) ne correspond pas forcément à un horaire existant. Nous demandons au répondant de supposer le même temps d'attente pour les deux options TP, ce qui en outre sous-entend aussi une fréquence identique.

3. Concernant l'heure de départ, nous appliquons des variations de +/- 5 minutes sur l'option A. L'objectif est d'introduire de la variation dans les questions posées en proposant des heures de départ différentes pour éviter de créer un biais. C'est une bonne pratique que nous utilisons pour éviter un biais d'apprentissage ; pour éviter que le répondant enregistre l'information que son heure de départ actuelle est toujours proposée dans l'option A et pour qu'il considère bien toutes les trois options.
4. Dans le cas des usagers TIM, les niveaux de l'attribut « temps total » pour l'option C (en TP) sont asymétriques. L'objectif est de réduire les temps de trajet TP pour tester la possibilité d'un changement du mode. Comme la part de marché des TIM est plus importante, on teste des niveaux plus attractifs pour les TP.

La création des plans factoriels a nécessité de créer plusieurs sous-groupes de design SP4, selon les options et les attributs présentés (usagers TIM ou usagers TP) et selon les classes de distance (1, 2 et 3). Afin de ne pas complexifier les plans factoriels il a été décidé de ne pas faire de sous-groupe à part pour les usagers TP ne possédant pas de voiture, mais utiliser les mêmes plans factoriels que ceux générés pour les usagers TP recevant l'option voiture.

Tableau 25 - Plans factoriels SP4

Sous-groupe Design SP	Usager	Classe de distance
4A	TIM	1
4B	TIM	2
4C	TIM	3
4D	TP	1
4E	TP	2
4F	TP	3

4.4.4. ANALYSE DES RESULTATS DU PRE-TEST 1 ET AJUSTEMENTS – SP4

L'analyse sur les non-traders a montré qu'aucun des 16 répondants n'a choisi l'option A (heure de départ et mode habituel) à chaque question, 3 ont toujours choisi l'option B (heure décalée, coût moins cher, mode habituel) et une personne a toujours choisi l'option C (moyen de transport différent). Nous pouvons en conclure que le pourcentage de non-traders sur l'échantillon étudié est relativement faible et acceptable.

Il n'y a pas de question avec option dominante dans le SP4, car l'option B est toujours moins chère mais nécessite un décalage de l'heure de départ (ce qui est considéré comme un inconvénient).

4.4.5. AJUSTEMENTS DU DESIGN SP4 SUITE AU PRE-TEST 2

Les contrôles effectués suite au pré-test 2 ont confirmé que le design du SP4 fonctionne de manière attendue, et ne nécessite donc pas d'ajustements particuliers.

4.4.6. REMARQUES LIEES A LA MODELISATION

Comme on l'a dit plus haut, un modèle combinant choix du mode et choix de l'heure a la forme d'un *cross-nested logit*³⁰ lorsque les options sont corrélées.

Par ailleurs, pour que les élasticités du modèle final soient correctes, l'estimation du modèle doit s'effectuer conjointement sur des données SP et des données RP. Le type de données RP nécessaire au calage peut se trouver dans le MRMT. A partir du MRMT 2021, on connaîtra les heures de départ et d'arrivée actuelles et le temps de déplacement actuel. Les heures de départ et d'arrivée préférées seront demandées dans le questionnaire SP. Le temps de déplacement (en principe plus long) si l'utilisateur partait à son heure préférée ne sera pas demandé car les personnes ne savent en général pas bien estimer la durée de leur trajet. Cependant cette information est fournie par l'outil de routage. Avec ces observations de choix RP, on peut estimer un modèle conjoint SP/RP et estimer ainsi le facteur d'échelle RP/SP permettant de ramener les coefficients des fonctions d'utilité à l'échelle RP (échelle de la réalité ou, tout au moins, échelle du modèle d'application).

Enfin, une réflexion doit avoir lieu sur l'intégration du modèle combiné de choix modal et de l'heure dans le modèle national de transport et dans les modèles cantonaux, mais ceci sort du périmètre de la présente étude.

5. COMBINAISON DES EXERCICES SP ET TYPES DE QUESTIONNAIRES

Le tableau ci-dessous est repris du rapport sur l'enquête SP 2015 (Tableau 26). Il présente les 22 types de questionnaire existants dans l'enquête de 2015 et quel type de questionnaire était administré à quel type d'utilisateur, en fonction du mode actuel utilisé, de la classe de distance (2 classes : distance inférieure ou supérieure à 10 km) et de la disposition d'une voiture. Dans l'enquête de 2015, la logique de construction des questionnaires peut être résumée comme suit (voir rapport SP 2015, section 2.4.8) :

- en fonction de la classe de distance, les modes proposés dans le SP 1 (marche, vélo, TP, TIM) sont différents ; ceci conduit à 4 variantes du SP1
- les nombres d'attributs étant relativement élevés dans le SP1 et dans le SP3, les attributs ont été divisés en 2 groupes (les deux groupes ayant des attributs en commun)
- compte tenu des 4 variantes du SP1 et de la division des attributs en deux groupes, cela conduit à 11 combinaisons possibles d'exercices SP1, SP2, SP3
- lorsqu'on décline tous les cas possibles, compte tenu de la disposition d'une voiture, de la classe de distance et du mode actuel (trois premières colonnes du tableau qui suit), on aboutit à 22 types de questionnaires différents³¹.

³⁰ *Cross-nested logit* : modèle logit hiérarchique (*nested*) dans lequel une ou plusieurs options appartiennent simultanément à plusieurs « *nests* » (groupes d'options).

³¹ Ces 22 types de questionnaire ont été traduits en 3 langues, ce qui conduit à 66 types si on tient compte de la langue.

Tableau 26 - Types de questionnaire SP2015

Tabelle 7 Fragebogentypen

PW verfügbar	Distanz	Berichtetes Verkehrsmittel	Attributsatz	Verkehrsmittelwahl (je 8 Situationen)	Routenwahl (je 8 Situationen)	Fragebogen Nr.
nein	kurz	zu Fuss	1	zu Fuss / Velo / ÖV	-	1
nein	kurz	zu Fuss	2	zu Fuss / Velo / ÖV	-	2
nein	kurz	Velo	1	zu Fuss / Velo / ÖV	-	1
nein	kurz	Velo	2	zu Fuss / Velo / ÖV	-	2
nein	kurz	ÖV	1	zu Fuss / Velo / ÖV	ÖV	3
nein	kurz	ÖV	2	zu Fuss / Velo / ÖV	ÖV	4
nein	lang	ÖV	1	-	ÖV	5
nein	lang	ÖV	2	-	ÖV	6
ja	kurz	zu Fuss	1	zu Fuss / MIV / ÖV	-	7
ja	kurz	zu Fuss	2	zu Fuss / MIV / ÖV	-	8
ja	kurz	Velo	1	Velo / MIV / ÖV	-	9
ja	kurz	Velo	2	Velo / MIV / ÖV	-	10
ja	kurz	ÖV	1	zu Fuss / MIV / ÖV	ÖV	11
ja	kurz	ÖV	1	Velo / MIV / ÖV	ÖV	12
ja	kurz	ÖV	2	zu Fuss / MIV / ÖV	ÖV	13
ja	kurz	ÖV	2	Velo / MIV / ÖV	ÖV	14
ja	kurz	MIV	1	zu Fuss / MIV / ÖV	MIV	15
ja	kurz	MIV	1	Velo / MIV / ÖV	MIV	16
ja	kurz	MIV	2	zu Fuss / MIV / ÖV	MIV	17
ja	kurz	MIV	2	Velo / MIV / ÖV	MIV	18
ja	lang	ÖV	1	MIV / ÖV	ÖV	19
ja	lang	ÖV	2	MIV / ÖV	ÖV	20
ja	lang	MIV	1	MIV / ÖV	MIV	21
ja	lang	MIV	2	MIV / ÖV	MIV	22

Le tableau établi pour l'enquête de 2021 est présenté ci-dessous (Tableau 27). Il comprend 38 questionnaires.

La logique de construction des questionnaires est résumée comme suit :

- en fonction de la classe de distance, les modes proposés dans le SP 1 (marche, vélo, TP, TIM) sont différents ; ceci conduit à 4 variantes du SP1

- les nombres d'attributs étant relativement élevés dans le SP1 et dans le SP3, les attributs ont été divisés en 2 groupes (les deux groupes ayant des attributs en commun). Nous avons utilisé la même technique de subdivision des attributs en deux groupes que dans le SP 2015, pour le SP1 et le SP3 (voir Tableau 1 et Tableau 2)
- compte tenu des 4 variantes du SP1 et de la division des attributs en deux groupes, cela conduit à 11 combinaisons possibles d'exercices SP1, SP2, SP3
- si le déplacement est effectué en voiture ou en transport public, un jour ouvrable en période de pointe du matin (7h-9h) ou du soir (17h-19h), et s'il a pour origine et/ou pour destination une commune « urbaine » ou « intermédiaire, l'exercice SP4 est inclus dans le questionnaire.

Lorsqu'on décline tous les cas possibles, compte tenu de la disposition d'une voiture, de la classe de distance, du mode actuel et de la vérification des conditions du SP4 (quatre premières colonnes du tableau qui suit), on aboutit à 38 types de questionnaires différents.

La dernière colonne du Tableau 27 donne le nombre de questions de chaque exercice SP pour les différents types de questionnaire.

Dans l'enquête de 2015, on posait à chaque répondant maximum $2 \times 8 = 16$ questions (8 questions pour le SP1 et 8 questions pour le SP2 ou le SP3). Le nombre total de questions SP posées à chaque répondant est plus élevé en 2021 qu'en 2015, avec au maximum 18 questions, puisqu'il y a maintenant l'exercice sur le choix de l'heure de départ.

Ici, nous posons :

- 6 questions SP1, 6 questions SP2 ou SP3 et 6 questions SP4 lorsque la personne répond aux critères de sélection pour le SP4 ;
- 6 questions SP1 et 6 questions SP2 ou SP3 (comme dans l'enquête SP 2015) lorsque la personne ne répond pas aux critères de sélection pour le SP4 ;
- Pour les 4 questionnaires sans SP1 (dans le cas où la personne-cible n'a pas de voiture à disposition et effectue un déplacement de longue distance), nous posons 6 questions SP3 et 6 questions SP4 lorsque la personne répond aux critères de sélection pour le SP4 et 6 questions SP3 sinon ;
- Dans les cas où la personne-cible n'a pas de voiture à disposition et effectue un trajet de courte distance, 6 questions SP 1 sont posées.

Remarques :

- Les questionnaires 15 à 22 sont administrés aux répondants qui possèdent une voiture et qui ont réalisé un déplacement de distance inférieure à 10km en TP. Ceux-ci peuvent recevoir deux types d'exercice SP1 : soit « Marche/TIM/TP », soit « Vélo/TIM/TP ». Pour éviter des cas où le temps de marche proposé semble excessif, nous proposons uniquement l'exercice SP1 de type « Vélo/TIM/TP » aux répondants dont le trajet a une distance supérieure à 5 km.
- Les questionnaires prévus pour les personnes se déplaçant à vélo sont configurés pour des distances courtes (inférieures à 10km), or il est possible de rencontrer des déplacements à vélo sur des distances plus élevées. Ces cas seront traités comme si la distance était « courte ».

Tableau 27 - Types de questionnaire SP2021

Possession d'une voiture	Distance	Mode actuel	Conditions SP4	Groupe d'attributs pour le SP1 et le SP3	modos proposés	Choix d'itinéraire	SP4	Questionnaire N°	Nombre de questions posées
non	court	Marche	-	1	Marche/vélo/TP	-	-	1	6 Qst SP1
non	court	Marche	-	2	Marche/vélo/TP	-	-	2	6 Qst SP1
non	court	Vélo	-	1	Marche/vélo/TP	-	-	1	6 Qst SP1
non	court	Vélo	-	2	Marche/vélo/TP	-	-	2	6 Qst SP1
non	court	TP	non	1	Marche/vélo/TP	SP3	-	3	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3
non	court	TP	non	2	Marche/vélo/TP	SP3	-	4	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3
non	court	TP	oui	1	Marche/vélo/TP	SP3	SP4	5	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3 + 6 Qst SP4
non	court	TP	oui	2	Marche/vélo/TP	SP3	SP4	6	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3 + 6 Qst SP4
non	long	TP	non	1	-	SP3	-	7	6 Qst SP3
non	long	TP	oui	1	-	SP3	SP4	8	6 Qst SP3 + 6 Qst SP4
non	long	TP	non	2	-	SP3	-	9	6 Qst SP3
non	long	TP	oui	2	-	SP3	SP4	10	6 Qst SP3 + 6 Qst SP4
oui	court	Marche	-	1	Marche/TIM/TP	-	-	11	6 Qst SP1
oui	court	Marche	-	2	Marche/TIM/TP	-	-	12	6 Qst SP1
oui	court	Vélo	-	1	vélo/TIM/TP	-	-	13	6 Qst SP1
oui	court	Vélo	-	2	vélo/TIM/TP	-	-	14	6 Qst SP1
oui	court	TP	non	1	Marche/TIM/TP	SP3	-	15	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3
oui	court	TP	non	1	vélo/TIM/TP	SP3	-	16	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3
oui	court	TP	oui	1	Marche/TIM/TP	SP3	SP4	17	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3 + 6 Qst SP4
oui	court	TP	oui	1	vélo/TIM/TP	SP3	SP4	18	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3 + 6 Qst SP4
oui	court	TP	non	2	Marche/TIM/TP	SP3	-	19	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3
oui	court	TP	non	2	vélo/TIM/TP	SP3	-	20	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3
oui	court	TP	oui	2	Marche/TIM/TP	SP3	SP4	21	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3 + 6 Qst SP4
oui	court	TP	oui	2	vélo/TIM/TP	SP3	SP4	22	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3 + 6 Qst SP4
oui	court	TIM	non	1	Marche/TIM/TP	SP2	-	23	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2
oui	court	TIM	non	1	vélo/TIM/TP	SP2	-	24	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2
oui	court	TIM	oui	1	Marche/TIM/TP	SP2	SP4	25	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2 + 6 Qst SP4
oui	court	TIM	oui	1	vélo/TIM/TP	SP2	SP4	26	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2 + 6 Qst SP4
oui	court	TIM	non	2	Marche/TIM/TP	SP2	-	27	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2
oui	court	TIM	non	2	vélo/TIM/TP	SP2	-	28	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2
oui	court	TIM	oui	2	Marche/TIM/TP	SP2	SP4	29	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2 + 6 Qst SP4
oui	court	TIM	oui	2	vélo/TIM/TP	SP2	SP4	30	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2 + 6 Qst SP4
oui	long	TP	non	1	TIM/TP	SP3	-	31	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3
oui	long	TP	non	2	TIM/TP	SP3	-	32	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3
oui	long	TP	oui	1	TIM/TP	SP3	SP4	33	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3 + 6 Qst SP4
oui	long	TP	oui	2	TIM/TP	SP3	SP4	34	6 Qst SP1 + 6 Qst SP3 + 6 Qst SP4
oui	long	TIM	non	1	TIM/TP	SP2	-	35	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2
oui	long	TIM	non	2	TIM/TP	SP2	-	36	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2
oui	long	TIM	oui	1	TIM/TP	SP2	SP4	37	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2 + 6 Qst SP4
oui	long	TIM	oui	2	TIM/TP	SP2	SP4	38	6 Qst SP1 + 6 Qst SP2 + 6 Qst SP4

6. PLANS EXPERIMENTAUX (PLANS FACTORIELS)

Une fois que les variables et les niveaux de ces variables sont définis, on construit les questions de préférences déclarées sur base de plans factoriels³², qui sont des listes de combinaisons des niveaux à tester, ayant certaines propriétés. Il existe différents types de plans factoriels, notamment les plans factoriels complets, les plans factoriels partiels orthogonaux et les plans dits « efficaces en D » (*D-efficient*).

Un des concepts clefs à la base de la technique des préférences déclarées est l'orthogonalité (des variations des variables) : dans les questions posées, les variations des variables doivent être indépendantes les unes des autres (non corrélées) pour que l'on puisse, dans la phase d'estimation du modèle, estimer avec plus de précision l'effet de chaque variable prise isolément (estimer plus précisément les coefficients des variables dans les fonctions d'utilité). Dans les observations que l'on fait dans la réalité (données de préférences révélées ou « *revealed preference* » - RP), les variables sont souvent corrélées, les variables de temps et de coût par exemple sont au moins partiellement corrélées, ce qui rend l'estimation des paramètres des fonctions d'utilité moins précise ou plus difficile.

Les *plans factoriels complets* consistent à prendre en compte toutes les combinaisons possibles. Un plan factoriel complet est par nature orthogonal. Par exemple si l'on considère un choix entre deux options de transport (A et B) ayant des temps différents et des coûts différents et que l'on souhaite tester 4 niveaux de temps et 3 niveaux de coût (soit 2 variables à 4 niveaux et 2 variables à 3 niveaux), le nombre total de combinaisons possibles égale $4^2 \times 3^2 = 144$ combinaisons. Dans certains cas, certaines combinaisons produisent des questions triviales (tout est meilleur dans l'option A ou dans l'option B), ces questions sont alors retirées du questionnaire. Les questions comportant des options tout à fait irréalistes doivent aussi être retirées (ou adaptées). Une fois le plan factoriel complet établi, on tire au sort aléatoirement les questions (c'est-à-dire les combinaisons de niveaux) posées à chaque personne.

Les *plans factoriels partiels orthogonaux* ne sont pas complets, c'est-à-dire qu'ils ne reprennent pas toutes les combinaisons possibles, mais ils sont bien orthogonaux *pour les effets des variables isolées* hors interactions entre variables³³. Ils permettent donc d'estimer avec précision les effets des variables en posant moins de questions. Dans l'exemple ci-dessus, avec 2 variables à 4 niveaux et 2 variables à 3 niveaux, il existe un plan factoriel orthogonal à 16 questions. L'avantage d'utiliser des plans factoriels orthogonaux est que la charge est moindre pour les répondants et que le modélisateur a moins de questions à gérer dans l'enquête (vérifier leur pertinence, leur réalisme, les programmer pour l'enquête en ligne). Ce que l'on perd avec les plans orthogonaux par rapport aux plans complets, c'est l'estimation des effets d'interaction ou au moins de certains effets d'interaction : dans l'exemple ci-dessus, il ne sera pas possible (ou en tout cas difficile) d'estimer dans la fonction d'utilité $U_{\text{option A}}$ un coefficient pour un terme de la forme $\text{coeff} \times \text{temps}_A \times \text{coût}_A$. Il est généralement admis que les interactions *entre variables d'offre* peuvent être négligées dans les modèles de choix modal, sauf cas particuliers, et les logiciels

³² On parle indifféremment de plan factoriel, plan d'expérience ou plan expérimental.

³³ Lorsqu'on parle des effets des variables isolées, c'est-à-dire hors interactions entre ces variables, on parle des effets « principaux ».

comme Ngene qui génèrent des plans factoriels permettent à l'utilisateur de spécifier les interactions qu'il souhaite pouvoir estimer et produisent des plans factoriels appropriés.

Les plans « efficaces en D » (« *D-efficient design* ») ne sont pas orthogonaux mais les corrélations sont introduites en suivant une technique particulière pour estimer les effets des variables avec plus de précision qu'un plan orthogonal³⁴. En fait, les plans orthogonaux sont conçus pour des modèles de régression linéaire, et non pas pour des modèles de choix. Les plans D-efficaces sont basés sur les mêmes principes que les plans orthogonaux (maximiser l'information recueillie par question), mais en tenant compte de la non-linéarité du modèle à estimer. Ces plans D-efficaces visent à extraire un maximum d'informations de chaque tâche de choix en posant des questions « intelligentes », particulièrement « efficaces ». Le principal avantage de ces plans D-efficaces est qu'avec des échantillons plus petits, on peut obtenir la même précision d'estimation que ne le ferait un plan orthogonal avec un échantillon plus grand, ou qu'une meilleure précision peut être obtenue avec le même nombre de répondants (Rose & Bliemer, 2008, Bliemer & Rose, 2011). La difficulté de ces plans efficaces est que, pour les construire, il faut avoir une bonne estimation a priori des valeurs des coefficients (ces estimations a priori sont appelés les « *priors* » dans la littérature). Ces plans efficaces sont donc utilisés soit en supposant une fourchette de valeurs a priori (sur base de l'expérience, de la littérature, ...), soit en réalisant l'enquête en deux phases, une première phase pour avoir une première estimation des coefficients et une deuxième phase qui utilise ces plans efficaces pour affiner l'estimation.

Pour l'enquête SP 2015, ce sont des plans factoriels efficaces qui ont été utilisés. Pour l'enquête de 2021, nous utilisons aussi des plans efficaces, mais avec une approche améliorée : en prenant en compte l'incertitude sur les *priors*, c'est-à-dire avec des plans factoriels dit « Bayésiens » (*Bayesian design*).

Une objection qui a été soulevée à l'encontre des plans efficaces est qu'ils deviennent très peu efficaces et moins bons que des plans orthogonaux lorsque les *priors* sont mal estimés c'est-à-dire très éloignés des valeurs réelles des paramètres³⁵.

Nous avons étudié ce risque et avons conclu que le problème signalé par Walker et ses collègues n'était pas problématique pour notre étude pour les raisons suivantes :

- Nous utilisons des antécédents dérivés de l'étude de 2015. Cela implique que nous ne « devinons » pas nos *priors*, mais les basons sur une étude antérieure.
- Les plans efficaces bayésiens tiennent compte du fait que les *priors* ont une marge d'incertitude. Cela rend ces plans factoriels beaucoup plus robustes contre la spécification erronée des *priors*. Cette distribution aléatoire permet aussi de prendre en compte que toutes les personnes au

³⁴ L'objectif est de minimiser l'écart-type sur les estimations des coefficients. Les plans « efficaces en D » utilisent pour ce faire la matrice asymptotique de variance-covariance, ce qui nécessite d'avoir une connaissance a priori des coefficients.

³⁵ Voir « D-efficient or deficient ? A robustness analysis of stated choice experimental designs », Joan L. Walker, Yanqiao Wang, Mikkel Thorhauge, Moshe Ben-Akiva, 2017.

sein de l'échantillon n'ont pas les mêmes valeurs de paramètre et garantit que le design reste efficace pour un large groupe de personnes.

Nous avons également testé la robustesse de nos plans factoriels. Supposons que nous utilisions les coefficients 2015 comme priors pour les nouveaux plans factoriels. Ces coefficients 2015 impliquent une valeur de temps d'environ 17 CHF/h. Nous avons vérifié l'efficacité des plans factoriels si la valeur réelle du temps dans l'étude 2021 était de 12 ou 22 CHF/h (en d'autres termes, si la valeur du temps a beaucoup changé au fil du temps). Il s'avère que l'efficacité dans ces scénarios extrêmes n'est que légèrement inférieure à celle du scénario dans lequel la valeur du temps est encore de 17 CHF/h. Cela implique que nos nouveaux plans factoriels sont robustes face à des changements réalistes de la valeur de temps depuis 2015.

Les plans factoriels appliqués pour chaque SP sont présentés dans le chapitre 4, dans la partie propre à chaque exercice SP. Pour chaque exercice, plusieurs sous-groupes de plans factoriels ont été créés, selon les attributs à tester et les trois classes de distance possibles. Pour les sous-groupes du SP 2, 3 et 4 les plans factoriels fournissent deux blocs de 6 questions. Pour les sous-groupes des choix modaux TIM/TP du SP1 (SP1-G à SP1-J) 4 blocs ont été nécessaires au lieu de 2, à cause des contraintes liées au design « *D-efficient* ». Pour chaque exercice, chaque répondant se voit attribuer aléatoirement un des blocs possibles, ce qui détermine les variations de niveaux dans les questions qu'il recevra.

7. SELECTION DES DEPLACEMENTS DE REFERENCE

7.1. Les besoins de la modélisation en termes de représentativité

Nous devons choisir, au sein des déplacements décrits par les personnes-cible dans le MRMT, le déplacement qui servira de « déplacement de référence » pour les questions SP. La sélection des déplacements de référence doit se faire de manière à ce que l'échantillon des déplacements réponde aux besoins de la modélisation. Il s'agit d'avoir un échantillon permettant construire un modèle précis et robuste. Pour une meilleure précision il est nécessaire de pouvoir distinguer les segments de déplacements pouvant obéir à des raisonnements de choix distincts (selon le motif du déplacement, la classe de distance, etc). D'autre part, pour construire des modèles robustes, il faut qu'il y ait un échantillon suffisamment grand pour chaque segment répertorié.

Rappelons la procédure complète de sélection : l'OFS sélectionne les personnes qui sont sollicitées pour répondre au MRMT de manière à ce qu'elles constituent un échantillon représentatif de la population suisse de 6 ans et plus. L'OFS sélectionne également le jour de référence pour lequel elles doivent décrire leurs déplacements et attribue à chaque personne un module, c'est-à-dire un ensemble de questions qui ne sont pas posées à l'ensemble de l'échantillon, mais seulement à un sous-échantillon (voyages d'une journée, voyages avec nuitées, mobilité douce et situation professionnelle, politique des transports). Parmi ces personnes et pendant une période donnée, l'institut de sondage LINK recrute pour l'enquête SP toutes les personnes majeures (18 ans et plus), qui ne se sont pas vues attribuées le module sur la politique des transports et qui correspondent aux critères suivants :

- Les personnes recrutées ne font pas uniquement des boucles (départ et arrivée au domicile, p.ex. jogging ou promenade) ;
- Les personnes recrutées font au moins un déplacement en TIM, en TP, à pied ou à vélo ;
- Les personnes n'effectuant que des étapes en avion ou en taxi ne sont pas recrutées ;
- Les personnes dont toutes les étapes débutent et/ou finissent à l'étranger ne sont pas recrutées.

Sur cet ensemble de +/- 6000 personnes, il est attendu que +/- 4000 personnes répondent à l'enquête SP. Pour ces +/- 4000 personnes, nous sélectionnons parmi les déplacements décrits un déplacement qui sera le déplacement de référence pour l'enquête SP.

La représentativité des données RP (c'est-à-dire le MRMT) est garantie par deux processus :

1. La sélection de l'échantillon qui sera contacté est effectuée en utilisant le [cadre d'échantillonnage de l'OFS](#). Ce cadre est construit à partir des données des registres des habitants des communes et des cantons. Les échantillons sont tirés de manière aléatoire. Des strates de population sont définies selon les cantons et les agglomérations.
2. Une pondération des ménages et des personnes-cible est effectuée pour corriger la non-réponse. Ces poids doivent être pris en compte lors du calcul de statistiques descriptives pour tenir compte du fait que certaines catégories de personnes-cible ne répondent pas autant au MRMT que d'autres (selon l'âge, le sexe, l'état civil, la taille du ménage, etc.)

Pour en savoir plus sur la stratification et la pondération de l'échantillon, nous renvoyons le lecteur au rapport méthodologique du MRMT 2021 qui sera publié en 2023 par l'OFS, ou – d'ici là – à la [version 2015](#).

L'estimation des modèles de choix discret utilisant les données de l'enquête SP 2021 ne nécessite pas l'utilisation des poids. Pour l'estimation de tels modèles, seule une variabilité suffisante des attributs doit être garantie. Plus précisément :

Un premier point est que, dans le cas d'une enquête de préférences déclarées, l'échantillon ne doit pas nécessairement être représentatif de la « population » (ici, la demande de déplacements de la population résidente suisse). Ce qui importe, c'est que l'échantillon comporte un effectif suffisant de chaque segment ou sous-segment pour capter les éventuelles différences de comportement entre ces segments ou sous-segments. A priori, l'intention du modélisateur est d'explicitier dans les modèles l'effet des caractéristiques qui influencent le choix modal.

Par exemple, si l'on pense que la catégorie socioprofessionnelle a une influence sur la sensibilité au coût ou au temps, l'échantillon doit comprendre suffisamment d'utilisateurs des différentes catégories socioprofessionnelles, pour que l'on puisse vérifier l'hypothèse, mais il n'est en théorie pas indispensable que l'échantillon soit représentatif du point de vue des catégories socioprofessionnelles. S'il s'avère que les sensibilités sont effectivement différentes et que l'on estime des modèles spécifiques

ou au moins des coefficients spécifiques à certaines catégories, il faudra à l'étape de l'application du modèle subdiviser la demande en autant de segments et leur appliquer leurs coefficients spécifiques³⁶.

Cela étant dit, s'il n'est pas indispensable que l'échantillon soit représentatif, cela présente néanmoins un avantage s'il l'est : la précision des paramètres est proportionnelle à l'importance de chaque groupe d'utilisateurs. Un deuxième point est que la représentativité de l'échantillon des *personnes* (telle que visée par l'OFS) ne garantit pas, à strictement parler, la représentativité de l'échantillon des *déplacements*, puisque toutes les personnes n'effectuent pas le même nombre de déplacements par jour ou par an (seul un recrutement aléatoire sur le terrain, pendant que les personnes effectuent leurs déplacements, pourrait garantir une représentativité des déplacements). Cependant la modélisation se fera par motif et la fréquence de déplacement est relativement homogène au sein d'un motif.

En conclusion de ce qui précède, les garanties prises par l'OFS sont suffisantes pour assurer que l'échantillon SP convienne pour la modélisation.

7.2. Méthode de sélection des déplacements de référence

7.2.1. CRITERES POUR L'ELABORATION DE L'ALGORITHME

Le tableau ci-dessous provient du [rapport de l'OFS et de l'ARE sur le comportement de la population suisse en matière de transports qui analyse les résultats du microrecensement mobilité et transports 2015](#). On observe que le nombre de déplacements pour motif de formation et d'activité professionnelle sont les moins représentés (respectivement 7% et 4%). Il faut donc porter une attention particulière à ces deux motifs pendant la sélection des déplacements de référence afin de recueillir un nombre suffisant d'enquêtes sur les déplacements de ce type.

³⁶ Par ailleurs, un modèle de prévision estimé à partir de données SP doit toujours faire l'objet d'un calage conjoint RP/SP (pour que les élasticités du modèle soient à la « bonne » échelle, l'échelle des RP, l'échelle de la « réalité » ou tout au moins du modèle d'application). Et les constantes modales (qui traduisent la perception des modes, au-delà des effets pris en compte dans les variables de temps, coût, etc.) sont, elles, de tout façon estimées sur base des données RP. La représentativité ou non de l'échantillon SP n'a donc pas d'effet sur les constantes modales.

Importance des motifs de déplacement, en 2015

Parts en Suisse

G 3.4.1.1

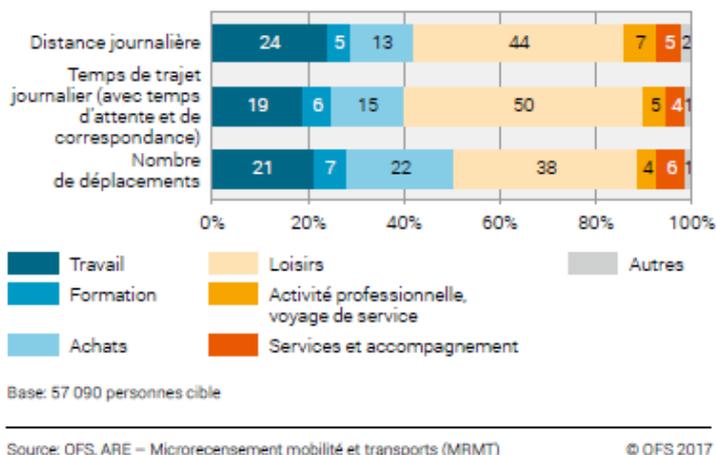


Figure 3 - Statistiques MRMT 2015 - par motif

En outre, l'analyse des résultats du MRMT 2010 et du MRMT 2015 a montré que la proportion de déplacements de courte distance est importante. Les déplacements de longue distance sont cependant plus intéressants pour la modélisation car ils proposent des scénarios plus différenciés (les variations des attributs sont plus facilement perçues par les répondants). En outre, les répondants pour lesquels un déplacement à pied sera sélectionné répondront uniquement au SP1, ce qui limite l'information recueillie.

Il a donc été jugé important de suréchantillonner les déplacements de longue distance, comme cela a été fait dans l'enquête SP 2015.

Finalement, il était aussi important de s'assurer de la quantité de personnes qui répondent aux critères de sélection du SP4. La distribution horaire des déplacements enquêtés en 2015 (Figure 4, Figure 5) montre qu'un nombre suffisant de déplacements est réalisé aux heures de pointe, les jours ouvrés, pour le motif travail. Pour les autres motifs, d'après la forme de la distribution horaire, il est possible qu'on ne recueille pas suffisamment de déplacements durant les périodes de pointe.

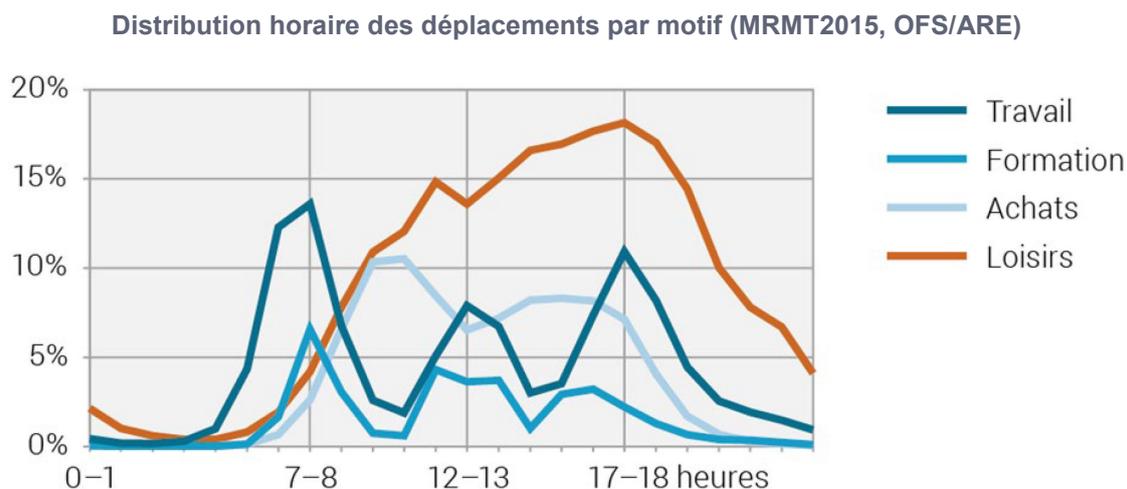


Figure 4 - Statistiques MRMT2015 - par motif et par heure

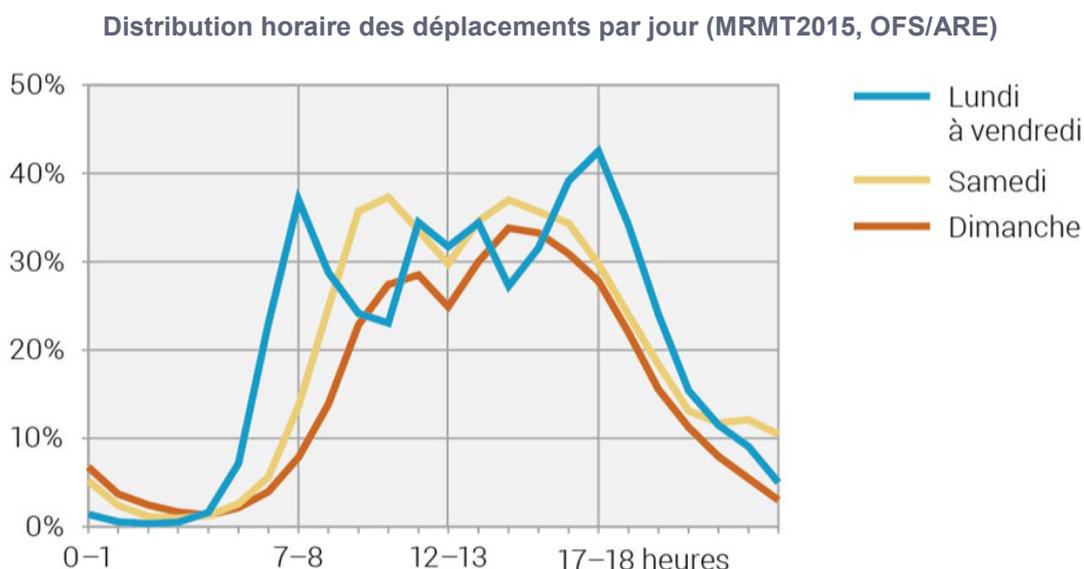


Figure 5 - Statistiques MRMT2015 - par jour de la semaine et par heure

En conclusion, il a été décidé de suivre une procédure fortement inspirée de celle utilisée pour l'enquête SP 2015 qui avait donné les résultats attendus, en la complétant, pour tenir compte des besoins du SP4.

La méthode de sélection de l'enquête SP 2015 était basée sur les principes suivants : la priorité est donnée aux déplacements pour motif de formation ou d'activité professionnelle et aux déplacements de plus longue distance (au sein des déplacements effectués par le répondant). Donner la priorité aux déplacements de plus longue distance permet également de réduire la part des déplacements à pied.

7.2.2. PREMIERE VERSION DE L'ALGORITHME DE SELECTION

La méthode de sélection a été élaborée et testée à la suite du pré-test 1, en se basant sur un jeu de données « test » recueillis lors du MRMT 2021 en janvier de la même année. Elle se repose sur les critères énoncés dans la section précédente (7.2.1). Il a été observé, via différents essais, que même sans suréchantillonner les déplacements réalisés en période de pointe du matin, le nombre de ces déplacements sélectionnés était en proportion suffisante pour chaque motif – autour de 30%. Il a donc été décidé de ne pas rajouter ce critère de priorité, afin de pouvoir plus efficacement redresser l'échantillon sur d'autres critères pouvant être plus difficiles à atteindre, tels que la distance, et les motifs « Formation » et « Professionnel ».

La méthode conçue et appliquée au pré-test 2 est présentée sur le schéma ci-dessous.

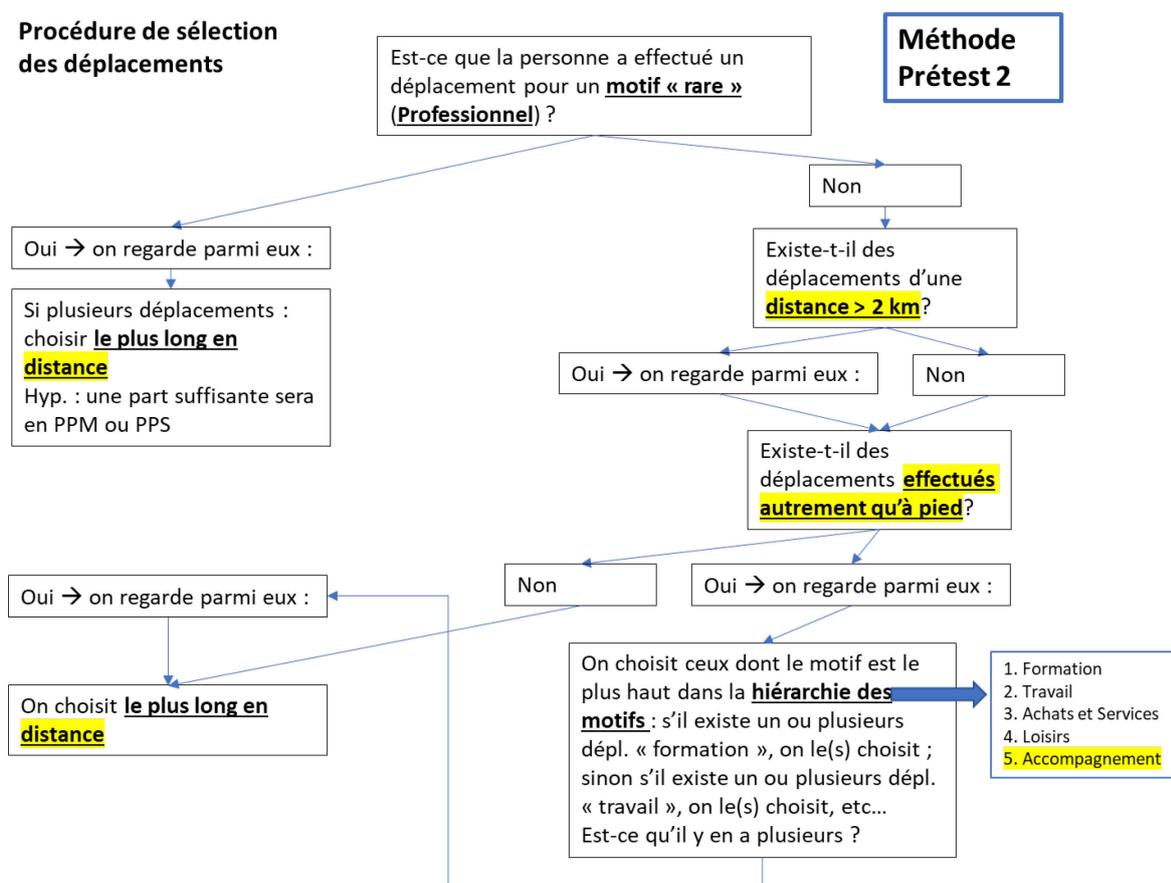


Figure 6 - Schéma de l'algorithme de sélection de déplacement pour le pré-test 2

Comme le montre le schéma, l'algorithme vise à prendre en priorité les déplacements pour motifs « Professionnels » (qui sont très rares), et choisir le plus long parmi eux s'il y en a plusieurs. Puis, la priorité porte sur les déplacements supérieurs à 2 kilomètres, et ceux effectués autrement qu'à pied – s'il y en a, on regarde parmi eux, sinon on regarde parmi tous les déplacements. Le choix se porte ensuite sur ceux qui ont le motif le plus prioritaire dans la hiérarchie suivante : 1) Formation, 2) Travail, 3) Achats et Services, 4) Loisirs, et 5) Accompagnement. On regarde parmi eux et on choisit le plus long.

7.2.3. AJUSTEMENTS SUITE AU PRE-TEST 2 (VERSION FINALE)

A la suite du pré-test 2, une analyse a été menée sur les données de base (issues du MRMT) sur lesquelles la méthode de sélection de déplacement a été appliquée, ainsi que sur l'échantillon obtenu à l'issu de cette sélection. Cette analyse est décrite en détail dans l'Annexe 2 – Analyse du pré-test 2 – section 12.1.4.

En conclusion, deux problèmes ont été relevés – un nombre encore trop important de déplacements courts (qui sont les moins intéressants pour la construction de modèles), et un nombre trop faible des déplacements pour le motif « Formation ». Ce problème était surtout lié au nombre très limité de ces déplacements dans l'échantillon de base. Même si l'algorithme permettait déjà de redresser significativement l'échantillon, une marge de manœuvre a été trouvée pour prioriser encore plus les critères problématiques, afin d'extraire au maximum les déplacements en insuffisance - les déplacements longs et des déplacements pour le motif « Formation ». La nouvelle méthode est présentée dans le schéma ci-dessous

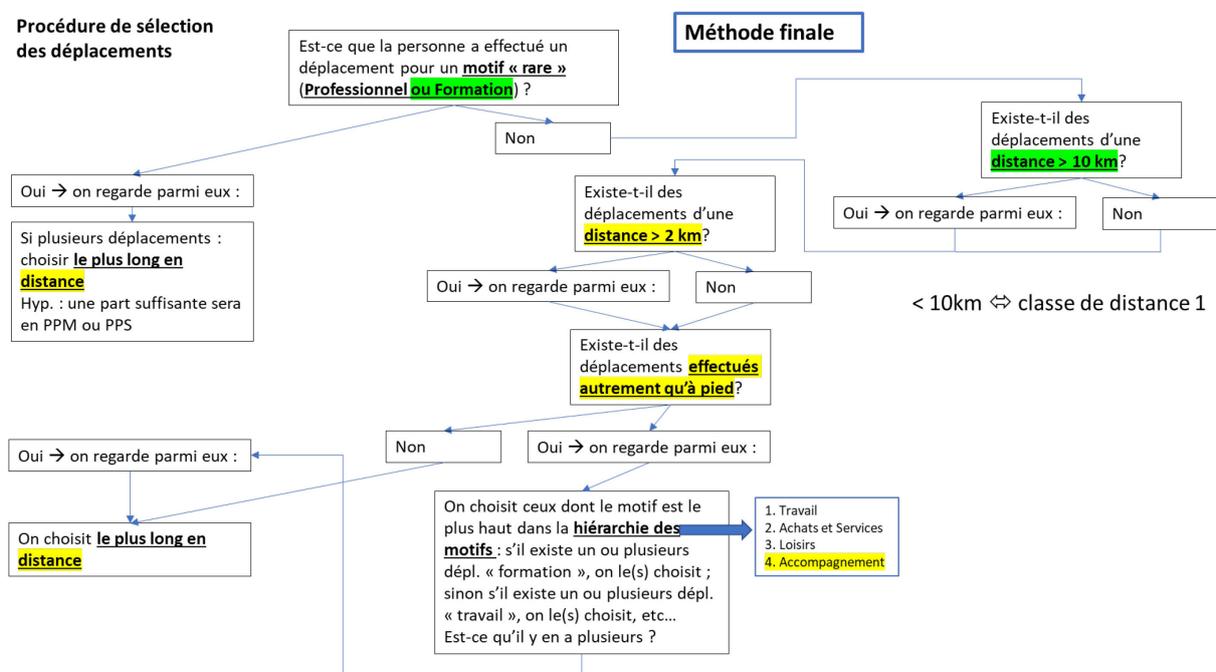


Figure 7 - Schéma du nouvel algorithme de sélection de déplacements, proposé suite au pré-test 2

Dans cette version, les déplacements pour le motif « Formation » sont priorisés dès le début, exactement comme le motif « Professionnel ». Ceci va permettre d'en recueillir, même si ceux-ci sont courts. Ensuite, pour les personnes n'ayant aucun déplacement de ces motifs, un critère supplémentaire est ajouté pour sélectionner de premier abord les déplacements supérieurs à 10km s'il y en a – des déplacements considérés comme « longs ». De cette manière on est certain de prendre tous les déplacements longs possibles pour les motifs autres que « Formation » et « Professionnel ».

8. REGLES D'ATTRIBUTION DE VALEURS POUR LES CARACTERISTIQUES DES OPTIONS SP

Comme dans l'enquête de 2015, les options modales et les itinéraires actuellement disponibles pour chaque répondant sont reconstitués à l'aide d'un outil de routage (dans l'exercice SP1, l'outil de routage est utilisé tant pour le mode actuellement choisi que pour les modes non choisis). L'outil de routage utilisé pour l'enquête SP2021 est la plateforme de *routeRANK*³⁷ adaptée spécifiquement pour les objectifs de cette étude, qui permet de reconstruire les itinéraires et leurs caractéristiques (temps, distance, coût, correspondances...) à partir de l'origine, la destination et l'heure de départ du trajet.

Les valeurs assignées aux attributs sont soit « prédéfinies » (fournies directement et uniquement par le plan factoriel), soit basées sur les valeurs de référence propres au déplacement étudié. Dans ce dernier cas certaines valeurs de références proviennent de l'outil de routage, d'autres sont calculés sur base d'hypothèses, et d'autres encore sont un mix d'hypothèses et d'information issue de l'outil. Ces différentes règles d'attribution de valeurs sont décrites ici pour tous les types de caractéristiques qui peuvent être rencontrés dans le questionnaire.

8.1. Attributs TIM

Temps de parcours

Pour le mode TIM, l'attribut temps de parcours (le temps en véhicule) provient de l'outil de routage. L'outil de routage fournit également la distance parcourue, à partir de laquelle sont calculés les attributs de coût.

Temps de stationnement

Pour le temps de recherche d'un stationnement, nous utilisons les mêmes valeurs que dans le SP 2015³⁸, que nous adaptons à la nouvelle typologie urbain-rural³⁹. Le temps de stationnement dépend du motif de déplacement et de la typologie urbain-rural de la destination.

La transposition des valeurs du SP 2015 à la typologie de 2012 se fait comme suit :

- les valeurs du tableau pour « Ville » deviennent les valeurs pour la catégorie « urbain » ;
- les valeurs du tableau pour « Agglomération » deviennent les valeurs pour la catégorie « intermédiaire » ;
- les valeurs du tableau pour « Rural » restent pour la catégorie « rural » dans la nouvelle typologie ;

³⁷ www.routerank.com

³⁸ Tableau 1 dans le rapport «[SP-Befragung 2015 zum Verkehrsverhalten](#)», ARE, septembre 2016.

³⁹ « Typologie urbain-rural 2012 » de l'Office fédéral de statistique, voir « [Typologie des communes et typologie urbain-rural 2012](#) », OFS, 2017, la [carte](#) et la [liste des communes sous forme de tableau](#)

- concernant les villes isolées, elles se caractérisent principalement par leur nature urbaine⁴⁰. Les 5 villes concernées se retrouvent principalement dans la typologie « urbain ». Nous supprimons donc cette catégorie.

La disponibilité du stationnement est définie comme suit :

- au domicile : le MRMT fournit l'information concernant la présence ou non d'au moins une place de parking au domicile.
- au travail : le MRMT fournit l'information pour 30% des répondants. Quand l'information n'est pas disponible, les valeurs utilisées sont celles « sans place de parking », donc 3 minutes pour les zones urbaines et 1 minute pour les zones rurales, comme dans l'enquête SP 2015.

Remarque : lors du premier pré-test, n'ayant pas l'information sur la disponibilité des places, des valeurs moyennes ont été utilisées (2 minutes pour les motifs travail/études et domicile en zone urbaine et 0,5 minute pour le motif domicile en zones intermédiaire et rurale).

Tableau 28 - Temps de recherche d'un stationnement (en minutes)

	Travail / études	Achat	Professionnel	Loisirs	Domicile
Urbain	3/1*	5	3	5	3/1*
Intermédiaire	1/1*	2	2	3	1/0*
Rural	1/1*	1	1	1	1/0*

*En fonction de la disponibilité de stationnement sur l'emplacement correspondant

Temps total

Dans les exercices SP1 et SP4, une variable supplémentaire est affichée dans la question SP : le temps total TIM qui est la somme du temps du parcours et du temps de stationnement. Le temps total TIM n'est pas un attribut du plan factoriel, il est fourni au répondant pour simplifier la comparaison entre les différentes options. Pour la cohérence des valeurs affichées, on fait la somme des valeurs déjà arrondies.

Coût du carburant + surcoût de base

L'attribut « coût du carburant + surcoût de base » est calculé sur base d'un coût kilométrique moyen. Comme dans l'enquête SP 2015, le coût kilométrique moyen est dégressif : on suppose que le coût du carburant au kilomètre décroît avec la distance parcourue. Nous utilisons le même coût que dans le modèle national du transport passager (MNTP), réajusté en fonction du changement du prix du carburant et en fonction de l'inflation, estimé à 0,128 CHF/km. La fonction du coût est la suivante :

$$cout20(d) = (0,10 + 0,2624 * d^{-0,724}) * 1,05$$

Surcoût aux heures de pointe

La question du surcoût aux heures de pointe est discutée au point 4.1.5. Nous testons pour la route un surcoût aux heures de pointe allant de 50% à 200% du coût kilométrique moyen 0,128 CHF/km.

⁴⁰ « [L'espace à caractère urbain 2012, Rapport explicatif](#) », OFS, 2014, page 13.

Coût total

En ce qui concerne le coût total TIM, il est constitué dans l'enquête du coût du carburant et du surcoût de base, du coût du stationnement et du surcoût aux heures de pointe. Le coût total n'est pas un attribut du plan factoriel, il est fourni au répondant pour simplifier la comparaison entre les différentes options. Pour la cohérence des valeurs affichées, on fait la somme des valeurs déjà arrondies.

Risque du retard

Pour cet attribut, il n'y a pas de valeur associée au déplacement de référence. Le niveau du risque de retard donné en SP1 est une valeur prédéfinie et ne dépend pas d'une valeur propre au déplacement du répondant. Les valeurs possibles sont 5%, 10%, 20% et 33%. Celles-ci sont données non pas sous forme de pourcentages de probabilité, mais comme une fréquence d'occurrence, pour être plus aisément comprises par le répondant. Nous indiquerons donc : « Un retard tous les ... trajets », avec comme valeurs possibles : 20, 10, 5 et 3 respectivement.

Durée du retard

Pour les courtes distances (inférieures à 10km) la valeur de la durée du retard est prédéfinie (1, 2, 3 ou 4 minutes selon le niveau donné par le plan factoriel) et ne nécessite donc pas de valeur de référence. Par contre, pour les autres distances, celle-ci prend comme valeur de référence 10% du temps de parcours TIM, à laquelle un pourcentage donné par les niveaux (allant de 50% à 200%) est appliqué.

Heure de départ

L'heure de départ de référence est celle du déplacement étudié, issue des données MRMT et utilisée pour générer les options de routage.

8.2. Attributs TP

Pour le mode TP, les attributs qui proviennent de l'outil de routage sont : le temps de porte à porte (hors temps d'attente à la première gare supposé nul), le temps de rabattement à l'arrêt de départ et à la destination, le nombre de changements, le temps d'attente au(x) changement(s), la charge de fréquentation, le nombre d'occurrences d'itinéraires TP dans un intervalle de 2h avant et 2h après l'heure de départ, les modes TP employés et le mode TP principal, la distance totale du parcours, et le prix tarif plein et demi-tarif du trajet. Le choix de l'itinéraire TP correspondant au trajet indiqué par le répondant se fait en prenant l'itinéraire TP qui part à l'heure de départ la plus proche (en termes absolus) de l'heure de départ indiquée par le répondant.

Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt

Cet attribut est directement fourni par l'outil de routage.

Temps d'attente aux correspondances

Cet attribut est directement fourni par l'outil de routage.

Temps à bord

Par cet attribut nous entendons le temps à bord des divers modes TP à emprunter pour le déplacement et les éventuels temps en correspondance. Nous le précisons dans l'enquête, dans l'introduction des exercices SP comportant cet attribut. Le temps à bord du véhicule est obtenu en soustrayant du temps porte à porte le temps de rabattement.

Durée totale (SP1)

Il s'agit de la somme du temps à bord et du temps de rabattement (temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt). La durée totale TP n'est pas un attribut du plan factoriel, cette variable est fournie au répondant pour simplifier la comparaison entre les différentes options. Pour la cohérence des valeurs affichées, on fait la somme des valeurs déjà arrondies.

Temps total (SP4)

En SP4, la seule variable temps présentée est directement le temps total, qui correspond au temps de porte à porte. Pour cette raison c'est le temps de porte à porte issu de l'outil de routage qui sert de valeur de référence auquel sont ensuite appliqués les différents niveaux de variation.

Intervalle de temps entre deux véhicules

Pour le calcul de la fréquence, l'outil de routage fournit le nombre d'itinéraires TP « alternatifs » dans un créneau de 4h – 2h avant et 2h après l'heure de départ du déplacement de référence. Afin de compter les itinéraires qui représentent vraiment une alternative au trajet TP sélectionné, on exclut les itinéraires jugés non-envisageables. Il s'agit d'une part de ceux qui présentent un temps de trajet porte à porte 30% plus grand que celui de l'itinéraire TP de référence et, d'autre part, de ceux dont le nombre de correspondances est supérieur à celui de l'itinéraire de référence de 2 ou plus que 2.

Prix par déplacement + surcoût de base

Cet attribut est basé sur un calcul ou une estimation du prix actuel du trajet. Ces coûts sont calculés soit en fonction du prix du billet unitaire propre à l'itinéraire (prix au tarif plein et demi-tarif fourni par l'outil de routage), soit sur base de coûts kilométriques moyens (en cas de possession d'un abonnement TP dont les conditions d'application sont jugées vérifiées). Le tableau ci-dessous présente les hypothèses de calcul de prix TP selon les abonnements en possession et types de chemins empruntés, reprenant la logique adoptée pour l'enquête SP 2015. Le prix kilométrique a été mis à jour par l'ARE qui a réalisé une analyse du nombre de déplacements TP effectués avec un abonnement (par type d'abonnement), des distances parcourues et du coût kilométrique moyen, avec les données du MRMT 2015⁴¹. Sur base de cette analyse, le coût kilométrique est estimé à 0,24 CHF/km pour l'abonnement général (0,17 CHF/km pour les abonnements de 2^{ème} classe et 0,33 CHF/km pour ceux de la 1^{ère} classe).

Par rapport aux hypothèses prises pour les prix TP dans l'enquête SP 2015, le nouvel abonnement Seven25, l'abonnement de parcours et la distinction entre les voyages en 1^{ère} et en 2^{ème} classe ont été introduits. Le tableau ci-dessous résume les hypothèses de calcul pour chaque cas, selon le type de parcours réalisé.

⁴¹ Les résultats bruts sont disponibles à l'adresse : <https://github.com/antonindanalet/nb-trips-by-public-transport-in-Switzerland>

On distingue trois types de parcours : les itinéraires TP empruntant les lignes de train uniquement, les itinéraires empruntant les modes de transport public urbain uniquement (bus, tramway ou métro), et les itinéraires mêlant les deux types de modes. Cette distinction a été reprise de l'enquête SP 2015 et permet de restreindre l'application de certains abonnements uniquement aux modes effectivement concernés dans la réalité (réseau urbain pour l'abonnement communautaire et réseau ferroviaire pour l'abonnement de parcours).

Tableau 29 - Méthode de calcul du prix TP selon les abonnements en possession

Abonnements	Que TP		Ferroviaire et TP		Voies sans TP	
	2ème classe	1ère classe	2ème classe	1ère classe	2ème classe	1ère classe
Abonnement général	coût km (0.17)	coût km (0.33)	coût km (0.17)	coût km (0.33)	coût km (0.17)	coût km (0.33)
Demi-tarif	O.R.		O.R.		O.R.	
Communautaire	coût km (0.17)	coût km (0.33)	Demi-tarif		Sans	
Demi-tarif & Communautaire	coût km (0.17)	coût km (0.33)	moy(coût km (0.17); Demi-tarif)	moy(coût km (0.33); Demi-tarif)	Demi-tarif	
Sans	O.R.		O.R.		O.R.	
Seven25*	coût km (0.17)		coût km (0.17)		coût km (0.17)	
Abonnement de Parcours**	Sans		Demi-tarif		coût km (0.17)	coût km (0.33)
Parcours & Demi-tarif**	Demi-tarif		moy(coût km (0.17); Demi-tarif)	moy(coût km (0.33); Demi-tarif)	coût km (0.17)	coût km (0.33)
Communautaire & Parcours**	coût km (0.17)	coût km (0.33)	coût km (0.17)	coût km (0.33)	coût km (0.17)	coût km (0.33)

O.R. : Outil de Routage

* Pour les déplacements entre 19h00 et 5h00

** Pour les déplacements ayant pour motif le Travail, les Études ou le Domicile

- *Orange* : tarif plein (sans abonnements) fourni par l'outil de routage
- *Jaune* : demi-tarif fourni par l'outil de routage
- *Vert* : moyenne entre un tarif kilométrique selon la classe choisie et un demi-tarif

L'étendue d'application de l'abonnement demi-tarif a été adaptée pour l'enquête 2021 par rapport à 2015. Les possesseurs de cet abonnement bénéficient d'une réduction sur tous les types de parcours.

L'abonnement « Voie 7 » a également connu un renouveau. Renommé « Seven25 », celui-ci connaît deux grands changements – d'une part, il s'étend désormais sur tous les modes TP, et d'autre part son acquisition ne nécessite plus la possession d'un abonnement demi-tarif au préalable. Sa période de validité reste la même qu'auparavant – tous les jours de 19h à 5h. Dans notre calcul du prix TP, nous considérons donc que l'abonnement « Seven 25 » s'applique si une personne le possède et se déplace entre 19h00 et 5h00. Si le déplacement est réalisé entre 5h00 et 19h00, nous utilisons le prix de(s) l'autre(s) abonnement(s) du répondant (s'il en a un) ou du billet simple.

La prise en compte de l'abonnement de parcours est aussi un élément nouveau par rapport à l'enquête SP 2015, qui a été introduit pour proposer un prix TP plus adéquat aux personnes possédant cet abonnement. Celui-ci s'applique sur les voyages en train pour un parcours spécifique, fixé par la personne – c'est un abonnement adapté pour les personnes effectuant régulièrement un même trajet en train (habituellement pour les trajets domicile-travail ou domicile-étude). Pour les personnes possédant cet abonnement le prix appliqué suit la même logique que pour l'abonnement communautaire à la différence que, cette fois, c'est pour les voyages en train et non en TP urbain que le prix kilométrique moyen (celui correspondant à un AG) s'applique. De la même manière cet abonnement ne s'applique pas sur les voyages réalisés uniquement en TP, tout comme l'abonnement communautaire ne

s'applique pas sur ceux effectués uniquement en train. Pour les voyages mixtes c'est le prix demi-tarif qui est appliqué, traduisant ainsi un prix intermédiaire.

Lors de l'application d'un abonnement à forfait (AG, abonnement communautaire, abonnement de parcours ou Seven25) nous appliquons deux tarifs distincts selon que l'utilisateur dispose d'un abonnement de 1ère ou de 2ème classe : 0,33 CHF/km ou 0,17 CHF/km respectivement. Pour les autres cas, nous n'avons pas l'information sur la classe dans laquelle le répondant aurait pu voyager. Dans ces cas-là, nous présentons le prix 2ème classe.

Pour le prix de billets au tarif plein et demi-tarif, il est parfois possible que l'outil de routage ne puisse pas trouver le prix, l'information étant indisponible dans la base CFF. Dans ces cas-là, nous appliquons un prix kilométrique de 0,45 CHF/km pour le plein tarif, et de 0,22 CHF/km pour le demi-tarif (source : Prix de base 2^e classe, chapitre 10.1.1, [T601, Tarif général des voyageurs](#), Alliance SwissPass, décembre 2019).

Surcoût d'heures de pointe

La question du surcoût aux heures de pointe est discutée au point 4.1.5. Nous testons pour les TP un surcoût aux heures de pointe allant de 50% à 200% du coût kilométrique 0,20 CHF/km.

Coût total

Comme pour le TIM, le coût total TP est la somme du prix de déplacement + surcoût de base et du surcoût d'heures de pointe. Le coût total n'est pas un attribut du plan factoriel, cette variable est fournie au répondant pour simplifier la comparaison entre les différentes options. Pour la cohérence des valeurs affichées, on fait la somme des valeurs déjà arrondies.

Charge de fréquentation

Pour l'enquête SP 2015, la charge de fréquentation était calculée sur base du niveau de fréquentation des lignes fourni par le CFF, en même temps que les horaires. Pour les lignes de train sans données et pour les autres modes (bus et tram), la charge de fréquentation a été définie en fonction de l'heure de la journée et du type de lieu de départ (voir Tableau 30).

Tableau 30 - Charge de fréquentation

	Heure de pointe 07:00 - 09:00 16:30 - 18:30	Nuit 22:00 - 06:00	Heures creuses
Urbain	4	1	3
Intermédiaire	3	1	2
Rural	2	1	1

Pour l'enquête SP 2021, la charge de fréquentation est tirée de l'outil de routage qui fournit le taux d'occupation des trains sur base des informations des CFF. Pour les lignes sans information ainsi que pour les autres modes TP, la charge est donc calculée sur la base de la typologie urbain/rural et de la période de l'heure de départ, sur la base du même principe que celui utilisé en 2015 et illustré dans le Tableau 30.

L'outil de routage fournit 3 niveaux de charge : faible, élevée et très élevée. Dans notre enquête cependant nous utilisons 4 niveaux : faible, moyenne, élevée et surchargée. Le niveau de charge que nous qualifions de charge moyenne est le niveau appelé « faible » dans les données CFF. Partant de là, nous avons établi la correspondance entre les niveaux de la manière suivante :

Tableau 31 - Association de niveaux de charge de fréquentation

Niveau de charge CFF	Niveau de charge dans l'enquête
Faible	Moyenne
Élevée	Élevée
Très élevée	Surchargée

Cette règle de correspondance implique de ne jamais attribuer un niveau de charge de référence « faible ». Cette conséquence n'est pas critique, et permet au contraire de faire varier le niveau de charge de faible à élevée dans les options du questionnaire pour les répondants dont la charge TP réelle serait faible. Ce décalage doit dans tous les cas être effectué pour éviter la non-variation de cet attribut (voir la partie 4.3.1).

Nombre de changements

Le nombre de correspondances est calculé par l'outil de routage.

Risque du retard

Il n'y a pas de valeur de référence pour cet attribut. Le niveau du risque de retard donné en SP1 est une valeur prédéfinie et ne dépend pas d'une valeur propre au déplacement de référence du répondant.

Durée du retard

Pour les courtes distances (inférieures à 10km) la valeur de la durée du retard est nominative (1, 2, 3 ou 4 minutes selon le niveau donné par le plan factoriel) et ne nécessite donc pas de valeur de référence. Par contre, pour les autres distances, celle-ci prend comme valeur de référence 10% de temps de porte à porte en TP, à laquelle un pourcentage donné par les niveaux (allant de 50% à 200%) est appliqué.

Heure de départ

L'heure de départ de référence est celle du déplacement de référence et est issue des données MRMT.

8.3. Attributs des modes doux

L'outil de routage fournit la distance en vélo et la distance à pied. Les temps de parcours sont calculés en prenant une vitesse moyenne correspondante à ces modes : 4km/h pour la marche et 15km/h pour le vélo. En ce qui concerne la durée pour le vélo électrique, nous prenons une vitesse moyenne de 20km/h.

Remarque :

Dans l'enquête SP 2015, un coût minimum de 1 CHF a été fixé pour les déplacements TIM. Pour les déplacements TP, un coût minimum de 2,60 CHF par trajet, correspondant au prix d'un billet de train

court dans la ville de Zurich, a été fixé pour les personnes ne disposant pas d'un abonnement de transport en commun.

Dans l'enquête SP 2021, nous calculons des coûts TIM et TP réalistes dans tous les cas mais nous fixons un minimum de 0,50 CHF pour les coûts TIM et de 0,70 CHF pour les coûts TP pour éviter les non-variations dus aux arrondis (voir la section 8.4).

8.4. Les arrondis des valeurs affichées

Pour une lecture aisée du questionnaire il est important d'afficher des valeurs arrondies des divers attributs. En même temps, il faut s'assurer que lorsqu'on arrondit les valeurs, la différence de niveaux appliquée ne s'annule pas.

Pour les attributs relatifs au coût, les valeurs ont été arrondies à 10 centimes. Le plus petit écart de variation de niveau de coût TIM étant de 25% (entre le niveau +25% et +50%), celui-ci implique une annulation de la variation pour des coûts de référence inférieurs ou égaux à 0,40 CHF, quand deux trajets en TIM sont comparés (en SP2). C'est un coût très faible qui correspond à un trajet d'environ 3 km en voiture. Pour éviter que des coûts invariants soient proposés aux répondants, nous fixons la limite minimum de la valeur de référence à 50 centimes. Pour les coûts TP en SP3, le plus petit écart observé est de 15% (entre -30% et -15%), conduisant à une annulation de variation pour les prix inférieurs à 0,67 CHF. Il peut s'agir des trajets inférieurs à 4 km en cas d'abonnements général, communautaire, de parcours ou Seven 25. Pour éviter ces cas, la limite inférieure des coûts en TP est fixée à 0,70 CHF dans le SP3. Enfin, le même raisonnement est appliqué au surcoût hors de pointe, qui doit être fixé à minimum 0,20 CHF, pour les TIM comme pour les TP, pour être certain d'afficher une variation.

Pour des coûts de stationnement, qui sont nominatifs et ne varient donc pas en fonction de pourcentage, il n'est pas nécessaire d'appliquer un arrondi aux centimes. L'arrondi est donc appliqué au franc, ce qui permet une lecture simple et claire de ces valeurs (0 CHF, 2 CHF, 5 CHF, 7 CHF).

Les valeurs des différents temps sont aussi arrondies. La plus petite unité affichée est la minute. Le plus petit écart de niveau de temps pour les courtes distances étant de 20% pour les options TIM et de 10% pour les options TP, les temps inférieurs à 5 et 10 minutes respectivement (temps de parcours TIM et temps à bord TP) risquent de ne pas varier. Toutefois, nous ne souhaitons pas imposer des valeurs de temps minimales de 5 ou 10 minutes pour ces attributs, car ce sont des cas de figure assez plausibles pour certains trajets.

9. PRE-TESTS 1 ET 2

9.1. Premier pré-test

9.1.1. DEROULEMENT DU PRE-TEST 1

Le premier pré-test a commencé début août avec le recrutement des 100 personnes, volontaires pour participer à ce pré-test. Le recrutement a été réalisé par l'ARE. Ces personnes ont reçu un premier

questionnaire RP (voir section 11.1) entre le 1^{er} août et le 1^{er} septembre et le questionnaire SP 2020 (voir section 11.2) fin octobre.

Le questionnaire RP est un questionnaire en ligne. Il a permis de recueillir les informations suivantes : l'adresse e-mail, quelques données sur la personne (les données nécessaires pour personnaliser le questionnaire SP) et la description d'un déplacement récent (sur base de quelques règles, pour couvrir tous les motifs et les périodes de pointe et hors pointe).

Le questionnaire SP personnalisé a ensuite été envoyé fin octobre. Ce premier pré-test avait pour objectif de vérifier que les procédures de construction des questionnaires, de mise en ligne et les interactions avec le prestataire en charge de l'administration de l'enquête SP fonctionnent correctement et sont bien au point. Ce premier pré-test avait aussi pour objectif de vérifier si les répondants comprennent bien les questions et s'ils font effectivement des arbitrages entre les attributs présentés dans les questions SP.

Les deux questionnaires, RP et SP, sont fournis en annexe, ci-après. Les règles de sélection du déplacement de référence sont indiquées dans le questionnaire RP. Le questionnaire SP s'inspire largement du questionnaire SP de 2015, pour maximiser autant que possible la comparabilité. La principale modification est l'ajout de l'exercice SP4.

9.1.2. RESULTATS ET CONCLUSIONS DU PRE-TEST 1

L'analyse des résultats du pré-test nous a permis d'identifier quelques modifications à apporter au questionnaire et aux niveaux des attributs SP. Les principales modifications apportées suite au pré-test 1 sont les suivantes :

Les résultats des analyses du pré-test 1, ainsi que les modifications apportés sont détaillées dans la partie 4, pour chaque exercice SP (4.1.8 pour le SP1, 4.2.1 pour le SP2, 4.3.1 pour le SP3 et 4.4.4 pour le SP4). En résumé, les principales modifications sont les suivantes : des plans factoriels spécifiques ont été établis pour les déplacements effectués en heure creuse (donc sans l'attribut surcoût de pointe) pour l'exercice SP3, de nouvelles règles ont été définies pour les variations des attributs « sous-mode TP », « fréquence TP », « charge de fréquentation TP » et « nombre de correspondances TP » et des ajustements ont été apportés aux niveaux de certains attributs du SP2.

En outre, dans le pré-test certains questionnaires ont été exclus, mais ces cas ne devraient plus se reproduire dans l'enquête principale.

D'une part il s'agit d'itinéraires n'ayant pas d'alternative pertinente en transports publics. Comme tous les questionnaires envisagent une option TP, la présence de celle-ci est obligatoire. Souvent, il s'agit des déplacements assez courts pour lesquels le trajet à pied est plus rapide qu'en TP.

D'autre part, un autre type de cas consistait en trajets à origine et destination identique. Ces trajets-là ne peuvent pas donner de résultats valables dans l'outil de routage et ne correspondent pas non plus à la définition d'un « déplacement » dans le modèle de transport.

Ces deux types de cas ne devraient, en principe, pas se rencontrer dans l'enquête proprement dite, puisque ces cas seront exclus lors de la sélection du déplacement de référence. Toutefois, une vérification sera effectuée pour exclure ces cas s'ils devaient quand même se présenter.

9.2. Deuxième pré-test

9.2.1. DEROULEMENT DU PRE-TEST 2

Le pré-test 2 a été réalisé en avril 2021, sur un échantillon de personnes interrogés lors de l'enquête MRMT du 12 au 29 avril. La génération de questionnaires s'est déroulée en deux vagues de 9 jours successifs, avec le lancement des questionnaires en ligne le 28 avril pour la première vague et le 7 mai pour la deuxième.

Au total, durant le pré-test 2, à partir de 945 répondants à l'enquête MRMT ayant donné leur accord pour participer à l'enquête SP, 632 questionnaires ont pu être générés (313 ont dû être exclus), et au 25 mai (environ 4 et 3 semaines après l'envoi des questionnaires respectivement pour la première et deuxième vague), 371 questionnaires complétés ont été collectés.

Ce pré-test a servi de tester le fonctionnement de toutes les procédures de la génération des questionnaires en situation réelle, exactement comme pour l'enquête principale. Il a servi ainsi d'une part à repérer et corriger des éventuels problèmes, à améliorer le questionnaire et le processus de la génération, et à tirer des conclusions utiles pour mieux adapter le nombre et la durée des vagues à prévoir pour l'enquête principale.

Les adaptations et améliorations du questionnaire et du processus ont eu lieu soit durant les vagues d'enquête, lorsque des défauts étaient remarqués, soit à la suite des commentaires et du feedback des participants à la fin de l'enquête, soit suite au contrôle et l'analyse détaillée du processus de génération des questionnaires ainsi que des résultats, dont le compte-rendu est joint dans l'Annexe 2 – Analyse du pré-test 2.

9.2.2. RESULTATS ET CONCLUSIONS DU PRE-TEST 2

Les vérifications effectuées après le pré-test 2 ont consisté d'une part en une analyse des données de base, du processus de génération, et des résultats recueillis, réalisés par Stratec, et d'autre part en un travail de construction et d'analyse de modèles préliminaires, effectué par Significance.

La première partie d'analyses a porté sur 4 thématiques suivantes :

- contrôle des valeurs de référence utilisées pour le calcul des valeurs dans les questions SP
- contrôle du processus de la construction de questions SP à partir des plans factoriels
- analyse *traders / non-traders*
- analyse de la méthode de sélection des déplacements de référence

En conclusion, quelques problèmes ont été trouvés et corrigés, dont notamment :

- un temps additionnel de 8 minutes en trop pour les valeurs de référence de trajets de voiture
- une fréquence des TP calculée incorrectement pour les valeurs de référence

- la formulation de la limite inférieure pour les valeurs de coût en SP2
- le temps de stationnement pour le motif « accompagnement »

Par ailleurs, l'analyse sur les modèles préliminaires a permis de remarquer que le design de l'exercice SP2 pourrait être amélioré, et le jeu des niveaux de plans factoriels a donc été revu pour cet exercice (voir section 4.2.2 et Annexe 2 – Analyse du pré-test 2).

Enfin, la méthode de sélection a aussi été revue et réadaptée pour mieux recueillir des déplacements jugés pas suffisamment nombreux – pour le motif « Formation » et pour les déplacements longs (voir section 7.2.3 et Annexe 2 – Analyse du pré-test 2).

Suite à toutes ces adaptations, le questionnaire et le processus de génération ont pris leur forme finale définitive pour l'enquête principale (questionnaire final – section 11.3 dans l'Annexe 1 - questionnaires).

Aussi, le nombre de semaines d'enquêtes à réaliser a été revu à la hausse, pour s'assurer de récolter suffisamment de questionnaires répondus au total – 5 semaines d'enquêtes respectivement pour les périodes de septembre et de novembre-décembre, au lieu de 4 initialement prévues.

10. ENQUETE PRINCIPALE

10.1. Déroulement de l'enquête

L'enquête sur les choix relatifs aux comportements de mobilité (enquête SP) a été réalisée en 2021, sur un échantillon de personnes interrogées lors de l'enquête MRMT, durant trois périodes principales – juin-juillet, septembre et novembre-décembre.

La génération de questionnaires sur la base des données MRMT reçues s'est déroulée en 4, 5 ou 6 vagues d'une semaine pour chaque période, avec 15 vagues au total, réparties comme suit :

- 4 vagues en juin-juillet : du 21 juin au 16 juillet ;
- 5 vagues en septembre : du 30 août au 1^{er} octobre ;
- 6 vagues en novembre-décembre : du 8 novembre au 10 décembre.

Au total, sur 11 055 personnes participant à l'enquête MRMT lors de ces périodes et lors du pré-test d'avril 2021 (pré-test 2), qui correspondaient aux critères décrit au chapitre 7.1 (18 ans et plus, qui ne sont pas restées toute la journée à leur domicile, etc.) et donc à qui l'on a demandé de participer à l'enquête SP, 5924 (54%) ont donné leur accord à la fin de l'interview téléphonique du MRMT. Sur la base de leurs réponses MRMT, 4341 questionnaires SP (73% des personnes qui étaient prêtes à participer) ont été générés – 1583 participants ont dû être exclus (27%), n'ayant effectué aucun déplacement visé par l'enquête SP (majoritairement, ils avaient effectué des déplacements trop courts⁴²). Sur les 4341 questionnaires envoyés, 3533 réponses ont été reçues, équivalant à un taux de

⁴² Dans la majorité des cas, il s'agit de déplacements trop courts pour que l'outil de routage puisse trouver une alternative TP pertinente.

réponse de 82% et à 60% sur les 5924 initiaux. Sur les enquêtes reçues, 71% ont été fournies en ligne (2517 enquêtes), et 29% par courrier sur questionnaire papier (1036 enquêtes).

Les tableaux suivants présentent les nombres de participants à différentes étapes du processus de génération, d'envoi et de réception des questionnaires, et les différents taux associés. L'analyse distingue le pré-test d'avril, l'enquête principale et le total.

Tableau 32 – Nombre de participants et de questionnaires au cours des différentes phases et taux associés

Participants	Total		Pré-test d'avril		Enquête principale	
	Nombre	Part (%)	Nombre	Part (%)	Nombre	Part (%)
Potentiels (enquête MRMT durant les périodes)	11055					
Ayant donné leur accord pour l'enquête SP	5924		945		4979	
	Part sur le nombre de personnes ayant accepté de participer					
Exclus (aucun déplacement ok)	1583	33%	313	26%	1270	27%
Questionnaires envoyés	4341	67%	632	74%	3709	73%
Dont questionnaires reçus	3553	53%	502	61%	3051	60%
	Taux de réponse (part sur les questionnaires envoyés)					
Questionnaires reçus	3553	79%	502	82%	3051	82%
	Part sur les questionnaires reçus					
En ligne	2517	71%				
Sur papier	1036	29%				

10.2. Contrôles sur les données

10.2.1. ANALYSE DE LA DUREE DE REMPLISSAGE DU QUESTIONNAIRE

Pour les réponses à l'enquête en ligne, un temps de réponse a pu être généré pour chaque participant. Une analyse sur le temps de remplissage permet :

- de contrôler que celui-ci est proche du temps de remplissage attendu et annoncé au début du questionnaire, et surtout
- d'identifier les réponses où le temps semble trop court pour penser que le participant a répondu à l'enquête avec sérieux et attention.

Il est alors important de marquer les réponses suspectes, pour pouvoir les traiter de manière particulière lors de la construction du modèle, notamment en les excluant.

L'analyse a porté à identifier les enquêtes en ligne où le temps de réponse a été inférieur à 15 minutes. Un champ spécifique a été rajouté dans la table des données finales, indiquant pour ces enquêtes-là le temps de réponse. Le nombre d'enquêtes obtenues pour chacun de ces temps est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 33 – Nombre d'enquêtes en lignes en fonction de leur temps de réponse

Temps de réponse (minutes)	Nombre de réponses
1	6
2	42
3	136
4	210
5	202
6	206
7	214
8	162
9	132
10	122
11	119
12	90
13	64
14	55
15 ou plus	757
Total	2517

Pour tirer des conclusions sur la base du temps de remplissage, il faut tenir compte du fait que les questionnaires peuvent être de longueur différente, en fonction du déplacement de référence de chaque participant - selon le nombre d'exercices SP que le questionnaire comporte. Notamment, certains ont un seul exercice SP - le SP1, et d'autres en ont deux, voire trois – SP1, SP2 ou SP3 et SP4. En général, on peut s'attendre à un temps de réponse de 15 minutes pour un questionnaire complet comportant 3 exercices SP. C'est ce temps-là qu'on indique dans l'introduction du questionnaire SP.

Nous pensons que les enquêtes suspectes pourraient être celles remplies en moins de 5 minutes. Cela correspond à 394 enquêtes, ce qui correspond à 16% d'enquêtes en ligne. Dans la base de données finale nous les marquons avec un champ particulier, pour suggérer une éventuelle exclusion. Il serait possible d'effectuer une analyse plus fine, pour identifier parmi les enquêtes au temps de réponse inférieur à 5 minutes celles qui correspondent aux enquêtes avec un seul exercice SP, pour en exclure alors uniquement celles ayant un taux de réponse extrêmement court – de 1 ou 2 minutes.

Tableau 34 - Nombre et part (%) d'enquêtes en ligne par classe de temps de réponse

Temps de réponse (minutes)	Nombre de réponses	Part %
moins de 5 minutes	394	16%
5 à 9 minutes	916	36%
10 à 14 minutes	450	18%
15 minutes ou plus	757	30%
Total	2517	100%

10.2.2. CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES DES PARTICIPANTS

Cette analyse se base sur les données recueillies lors de l'enquête MRMT et concerne les répondants ayant participé et répondu à l'enquête SP. L'analyse porte sur les caractéristiques socio-économiques suivantes :

- âge ;
- sexe ;
- niveau d'étude;
- catégorie socioprofessionnelle .

Dans le fichier issu du MRMT que nous avons reçu, les données couvrent presque la totalité des personnes ayant donné leur accord pour la participation à l'enquête – 5 827 sur le total de 5 924⁴³ – et elles couvrent la totalité des 3553 personnes ayant effectivement répondu. Elles nous permettent donc d'analyser le profil des répondants effectifs et potentiels. Pour tous les participants ayant répondu à l'enquête, l'information sur le format de l'enquête reçue est fournie – « en ligne » (sur internet) ou « papier » (par courrier). Le tableau suivant montre la répartition des réponses selon le type d'enquête. On y retrouve les nombres de questionnaires en ligne et papier reçus, déjà présentés à la section 10.1.

Tableau 35 : Part des réponses selon le type d'enquête

Enquêtes réalisées en ligne	2517	43%
Enquêtes réalisées sur papier	1036	18%
Participants n'ayant pas répondu	2274	39%
Total	5827	100%

10.2.2.A. DISTRIBUTION DES REpondants PAR ÂGE⁴⁴

Cette enquête étant destinée aux personnes majeures, seules les personnes de 18 ans ou plus ont pu y participer. Ensuite, le choix a été fait de réaliser des classes d'âge avec un pas de 10 ans, jusqu'à 99 ans. Cela permet donc d'affiner l'analyse.

La répartition des participants selon les classes d'âge est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 36 – Nombre, taux de réponse et distribution des participants par classe d'âge

Classe d'âge	Papier		En ligne		Total répondu			Total		
	Nombre	Taux	Nombre	Taux	Nombre	Taux de réponse	Distrib.	Nombre	Distrib.	Distrib. MRMT 2015
de 18 à 19 ans	13	20%	51	80%	64	52%	2%	123	2%	3%
de 20 à 29 ans	55	15%	323	85%	378	57%	11%	660	11%	12%
de 30 à 39 ans	98	18%	435	82%	533	63%	15%	852	15%	14%
de 40 à 49 ans	165	25%	501	75%	666	63%	19%	1057	18%	19%

⁴³ Dans le fichier que nous avons reçu, une centaine de personnes n'étaient pas reprise.

⁴⁴ Dans cette section et les suivantes, nous appelons « participants » les personnes qui ont donné leur accord pour l'enquête SP et « répondants » les personnes qui ont effectivement répondu au questionnaire. Les « participants » englobent donc les « répondants ».

de 50 à 59 ans	197	26%	574	74%	771	65%	22%	1179	20%	19%
de 60 à 69 ans	205	34%	405	66%	610	60%	17%	1010	17%	16%
de 70 à 79 ans	220	52%	202	48%	422	59%	12%	716	12%	12%
de 80 à 89 ans	79	76%	25	24%	104	49%	3%	214	4%	5%
de 90 à 99 ans	4	80%	1	20%	5	31%	0%	16	0%	0%
Total	1036	29%	2517	71%	3553	61%	100%	5827	100%	100%

Au regard des tableaux ci-dessus, il apparaît que ce sont les personnes qui ont entre 50 et 59 ans qui ont le plus participé et répondu à cette enquête avec 1 179 participants et 775 réponses, correspondant à 20% de participants au total. Entre 30 et 59 ans, le taux de réponse est supérieur au taux de réponse moyen (61%). De plus, jusqu'à 69 ans, le nombre de participants répondant à l'enquête en ligne est supérieur à celui répondant à l'enquête papier. Cette tendance s'inverse à partir de 70 ans et se confirme lorsque la classe d'âge augmente. Cela s'explique par le fait que les personnes les plus âgées n'ont pas forcément l'équipement et le niveau de familiarité avec les outils informatiques nécessaires pour répondre aux enquêtes en ligne.

10.2.2.B. DISTRIBUTION DES REpondANTS PAR SEXE

Les habitudes de mobilité varient en fonction du sexe. Il est donc intéressant d'analyser la distribution des participants selon ce critère.

Tableau 37 - Nombre, taux de réponse et distribution des participants par sexe

Sexe	Papier		En ligne		Total répondu			Total		
	Nombre	Taux	Nombre	Taux	Nombre	Taux de réponse	Distrib.	Nombre	Distrib.	Distrib. MRMT 2015
Homme	417	25%	1285	75%	1702	60%	48%	2823	48%	48%
Femme	619	33%	1232	67%	1851	62%	52%	3004	52%	52%
Total	1036	29%	2517	71%	3553	61%	100%	5827	100%	100%

Bien que la majorité des personnes ayant participé et répondu à cette enquête soit des femmes, la distribution homme/femme est plutôt équilibrée (48% contre 52%). Il apparaît aussi que les femmes ont répondu en plus grand nombre à l'enquête papier que les hommes (60% contre 40%), tandis que la distribution pour l'enquête en ligne est équilibrée. Le fait que les femmes soient plus nombreuses parmi les participants ayant répondu sur papier pourrait être corrélé à l'âge (la part des femmes est plus élevée parmi les personnes âgées⁴⁵).

⁴⁵ Pour la Suisse, voir [Portrait démographique de la Suisse - État, structure et évolution de la population en 2020](#), chapitre 1.1.1, p.8.

10.2.2.C. DISTRIBUTION DES REpondANTS PAR NIVEAU DE FORMATION

Le niveau de formation peut être un facteur intéressant lors de l'élaboration du modèle de choix. Nous avons donc analysé la distribution des participants par rapport à leur niveau de formation, en distinguant les répondants à l'enquête en ligne et à l'enquête papier.

Cette distribution est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 38 - Nombre, taux de réponse et distribution des participants par niveau d'étude des participants

Niveau d'études	Papier		En ligne		Total répondu			Total		
	Nombre	Taux	Nombre	Taux	Nombre	Taux de réponse	Distrib.	Nombre	Distrib.	Distrib. MRMT 2015
Pas de réponse	4	44%	5	56%	9	50%	0%	18	0%	1%
Pas de formation post obligatoire	111	50%	111	50%	222	50%	6%	447	8%	14%
Formation secondaire	544	35%	1013	65%	1557	59%	44%	2645	45%	54%
Formation tertiaire	156	25%	463	75%	619	65%	17%	948	16%	12%
Formation universitaire	221	19%	925	81%	1146	65%	32%	1769	30%	20%
Total	1036	29%	2517	71%	3553	61%	100%	5827	100%	100%

Au regard du tableau ci-dessus, il apparaît que, en nombres absolus, les personnes qui ont le plus participé et répondu à cette enquête ont réalisé soit une formation secondaire, soit une formation universitaire. Si l'on compare au MRMT 2015, les personnes ayant une formation tertiaire ou universitaire sont quelque peu surreprésentées, tandis que celles n'ayant pas de formation post-obligatoire ou ayant une formation secondaire sont quelque peu sous-représentées. Cela ne pose pas un problème pour l'analyse et pour l'estimation de modèles puisque, très probablement, soit les modèles seront estimés avec des coefficients spécifiques pour les différents groupes socio-économiques, soit les données seront pondérées et redressées avant modélisation. Dans les deux cas, la sous- ou sur-représentation d'un groupe socio-économique n'affecte pas la qualité des modèles. Par ailleurs, 18 personnes n'ont pas souhaité répondre à la question du niveau de formation.

Ce tableau permet aussi de mettre en évidence que les personnes ayant suivi une formation secondaire, tertiaire ou universitaire ont majoritairement répondu à l'enquête en ligne tandis que la répartition entre enquête en ligne et enquête papier est équilibrée pour celles n'ayant pas suivi de formation post obligatoire ou ne souhaitant pas répondre.

10.2.2.D. DISTRIBUTION DES REpondANTS PAR CATEGORIE SOCIOPROFESSIONNELLE (CSP)

Tout comme pour le niveau d'étude, les besoins en mobilité diffèrent selon la catégorie socioprofessionnelle (CSP).

Les catégories socioprofessionnelles distinguent classiquement deux groupes, les actifs et les non actifs. Ici, la différenciation des catégories socioprofessionnelles s'est faite en plusieurs étapes.

L'analyse s'est d'abord basée sur les réponses sur la question du type de l'emploi, en distinguant les options suivantes :

- sans emploi ;
- travailleur indépendant ;
- employé de la société anonyme (SA) ou de la société à responsabilité limitée (Sàrl) qui vous appartient ;
- employé dans l'entreprise familiale d'un membre du ménage ;
- salarié dans une autre entreprise privée ou publique ;
- apprenti.

Pour les participants ayant répondu « Employé de la SA ou de la Sàrl qui vous appartient », « Employé dans l'entreprise familiale d'un membre du ménage » et « Salarié dans une autre entreprise privée ou publique », une information supplémentaire était demandée et présente dans les données, indiquant le poste qu'ils occupent. Les options de réponse sont les suivantes :

- sans emploi ;
- ne souhaite pas répondre ;
- ne sait pas ;
- salarié sans fonction de direction ;
- employé ayant un poste de direction et subordonnés ;
- employé en tant que membre de la haute direction

Pour faciliter l'analyse, les participants ayant répondu une des trois premières propositions ont été classés dans la catégorie « Emploi – non précisé ». Les trois dernières options ont donné lieu aux catégories suivantes : « Employé », « Cadre » et « Direction ».

Le tableau ci-dessous présente la distribution des participant selon leur catégorie socioprofessionnelle.

Tableau 39 - Nombre, taux de réponse et distribution des participants par catégorie socioprofessionnelle

CSP	Papier		En ligne		Total répondu			Total		
	Nombre	Taux	Nombre	Taux	Nombre	Taux de réponse	Distrib.	Nombre	Distrib.	Distrib. MRMT 2015
Indépendant	56	32%	117	68%	173	59%	5%	293	5%	5%
Apprenti	11	31%	25	69%	36	50%	1%	72	1%	3%
Sans emploi	480	44%	608	56%	1088	58%	31%	1890	32%	41%
Emploi non précisé	32	19%	140	81%	172	63%	5%	274	5%	4%
Employé	365	25%	1112	75%	1477	63%	42%	2358	40%	35%
Cadre	88	18%	405	82%	493	68%	14%	729	13%	11%
Direction	24	17%	116	83%	140	66%	4%	211	4%	2%
TOTAL	1056	30%	2523	70%	3579	61%	101%	5827	100%	100%

Il apparaît à travers ce tableau que la plus grande part des participants et répondants à cette enquête sont les employés (40% de participants) ainsi que les non actifs (32%). Ce constat semble logique au regard de la distribution des CSP de la population dans le microrecensement mobilité et transports (MRMT) 2015, puisque les employés représentent 35% de la population et les non actifs 41%. Dans le

MRMT 2015 comme dans l'enquête, les employés et les non actifs sont les deux premiers groupes en termes d'importance, même si l'ordre est différent. Ces différences dans les distributions ne posent pas de problème, pour les raisons expliquées ci-dessus à propos du niveau d'instruction.

Ce tableau met aussi en évidence que la part de répondants à l'enquête papier est plus forte chez les personnes sans emploi que pour n'importe quelle autre CSP.

10.2.3. DISTRIBUTION DES VALEURS DE REFERENCE DES VARIABLES SP

Ce contrôle porte sur les variables de référence, qui servent pour calculer les valeurs des différents attributs dans les options proposées dans le questionnaire SP. Il s'agit des variables caractérisant le meilleur itinéraire du déplacement de référence du participant, en différents modes (TP, TIM, Vélo ou Marche). Les valeurs de ces variables sont obtenues avec l'outil de routage de RouteRank, en se basant sur les coordonnées de l'origine et de la destination du déplacement de référence, ainsi que sur le type de jour (jour ouvré, samedi ou dimanche) et l'heure de départ. Il s'agit des variables comme le temps de trajet, la distance, le coût pour les TP, les modes TP utilisés, le mode TP principal, le nombre de changements, la fréquence, et quelques autres.

Les valeurs ainsi obtenues constituent elles-mêmes ou servent à calculer (pour le coût TIM par exemple) les valeurs de référence auxquels sont appliqués les différents niveaux de variation donnés par des plans factoriels, pour enfin arriver aux valeurs présentées dans les questions SP. Il est donc important que ces valeurs de départ soient correctes.

Pour les contrôler, nous avons étudié la distribution des valeurs des différentes variables clés, obtenues avec l'outil de routage.

10.2.3.A. DISTRIBUTION DES VARIABLES RELATIVES AU TEMPS

Les graphiques ci-dessous présentent la distribution des variables relatives au temps suivantes :

- temps de trajet TIM
- temps de trajet porte-à-porte TP
- temps de rabattement TP (temps de marche à l'origine et à la destination)

Ces temps sont différenciés selon le mode actuel utilisé par le participant pour réaliser son trajet. Ainsi, par exemple, pour le mode actuel « Marche », il est normal et rassurant de trouver des temps de trajet courts en TIM, car cela confirme que les déplacements à pied sont effectués sur les distances courtes.

Distribution du temps de trajet TIM de référence

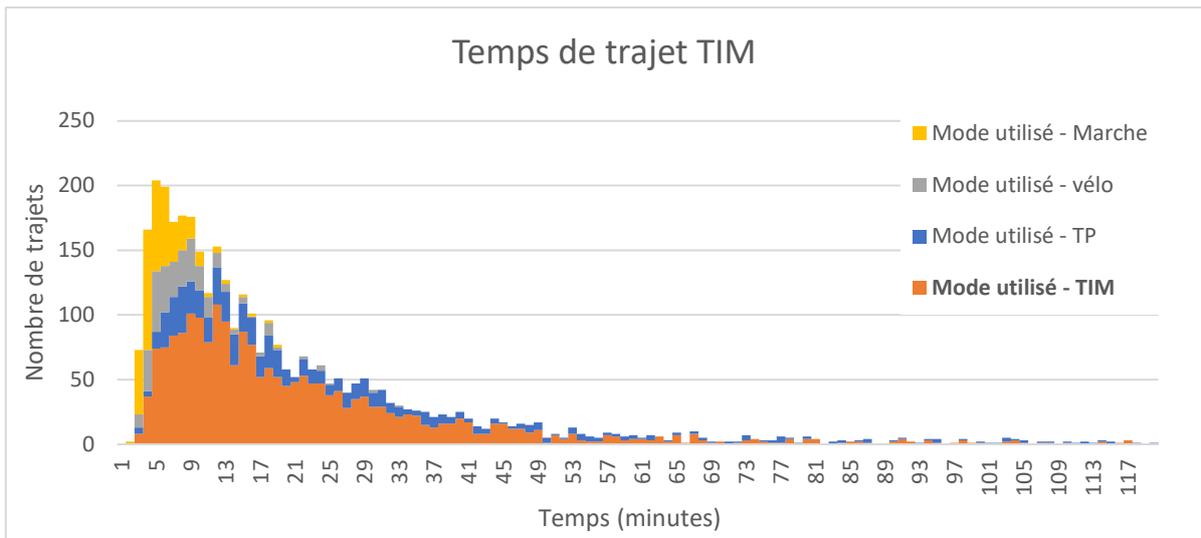


Figure 8 - Distribution du temps de trajet TIM de référence

Le temps de trajet TIM est essentiellement reparti entre 2 et 100 minutes. 90% des trajets trouvés ont un temps compris entre 4 et 66 minutes (temps de trajets correspondant au centile 5 et au centile 95). Le temps de trajet maximum trouvé est de 227 minutes (un peu moins de 4h), ce qui est possible pour certains trajets en Suisse. On observe, que logiquement, les temps de trajets TIM des répondants ayant effectué le trajet à pied ou en vélo, sont plus courts. La distribution est cohérente.

Distribution du temps de trajet TP

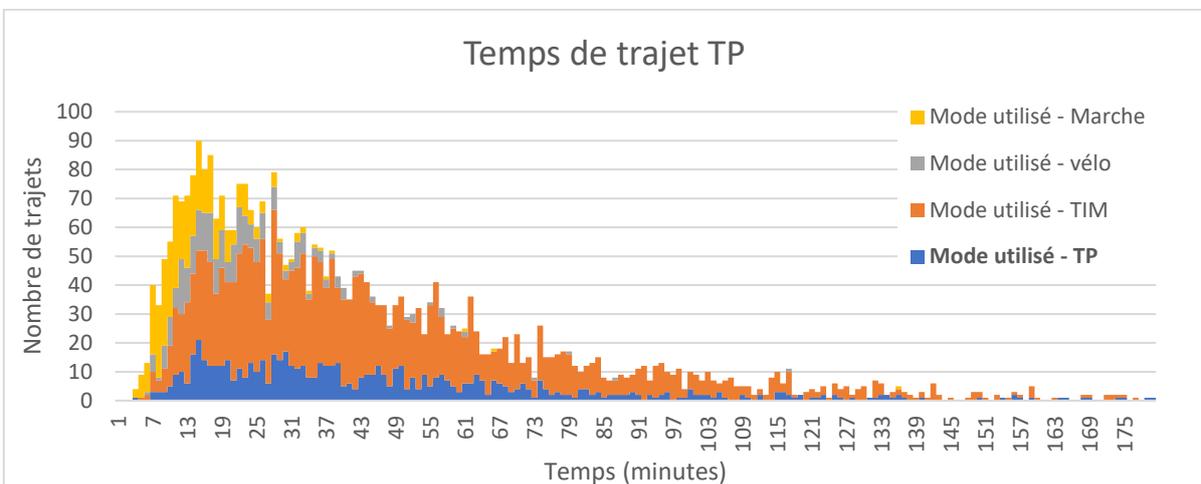


Figure 9 - Distribution du temps de trajet TP

Le temps de trajet TP correspond au temps porte-à-porte incluant le temps passé dans les modes TP, le temps de rabattement (accès et diffusion, c'est-à-dire avant l'arrêt ou la station d'embarquement et après l'arrêt ou la station d'arrivée) et le temps d'attente lors des transferts⁴⁶.

La distribution montre que les trajets alternatifs en TP présentent des temps réalistes. Les temps qui sont parfois très élevés, allant jusqu'à 4h de trajet (le temps maximal trouvé est de 239 minutes), correspondent surtout aux déplacements des participants dont le mode utilisé était la voiture ou le train. Hors les 5% des valeurs extrêmes les plus basses et les plus hautes, les temps de trajets sont compris entre 10 minutes et 116 minutes.

Distribution du temps de rabattement TP

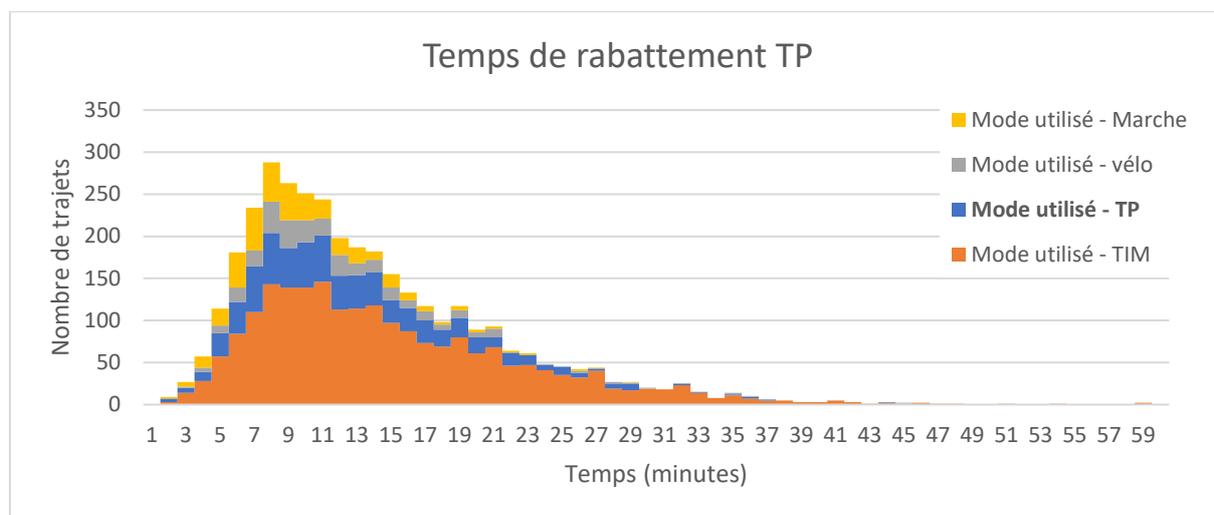


Figure 10 - Distribution du temps de rabattement TP

Le temps de rabattement correspond à la somme du temps de marche à l'origine du déplacement (vers l'arrêt de départ) et du temps de marche à la destination (depuis l'arrêt d'arrivée). Sa distribution est réaliste, avec des temps de rabattement allant principalement de 3 à 30 minutes (plus précisément, 90% des trajets, entre centiles 5 et 95, ont des temps de rabattement compris entre 5 et 28 minutes). Deux cas extrêmes⁴⁷, avec des valeurs aberrantes ont été relevés (plus de 200 minutes de temps de rabattement), et ont été marqués dans la base de données pour pouvoir les traiter différemment (très probablement les exclure) lors de la construction du modèle. En dehors de ces deux cas, le temps de rabattement maximum trouvé est de 59 minutes. Effectivement, les temps de rabattement au-delà de 40 minutes sont plutôt rares mais possibles pour certaines relations origine-destination (par exemple un rabattement de 20 minutes à l'origine et de 20 minutes à destination).

⁴⁶ L'analyse a été faite sur le temps total TP. L'outil de routage fournit le temps total TP. Pour calculer les variables dans les questionnaires, pour obtenir le temps passé dans le TP, le temps de rabattement et le temps de transfert sont soustraits.

⁴⁷ Il s'agit des répondants au TIPID C0271 et 81134 – les valeurs de référence extrêmes pour le temps de rabattement ont eu un impact sur les valeurs présentés dans les options TP dans le questionnaire SP.

10.2.3.B. DISTRIBUTION DES VARIABLES RELATIVES AU PRIX POUR LES TP

Distribution du prix TP plein tarif

L'outil de routage donne, pour les itinéraires TP trouvés, le prix au tarif plein et demi-tarif, correspondant au trajet. Le graphique ci-dessous montre la distribution des prix en transports publics pour tous les itinéraires, calculés à l'aide de l'outil de routage. Les couleurs montrent le mode de transport choisi dans la réalité.

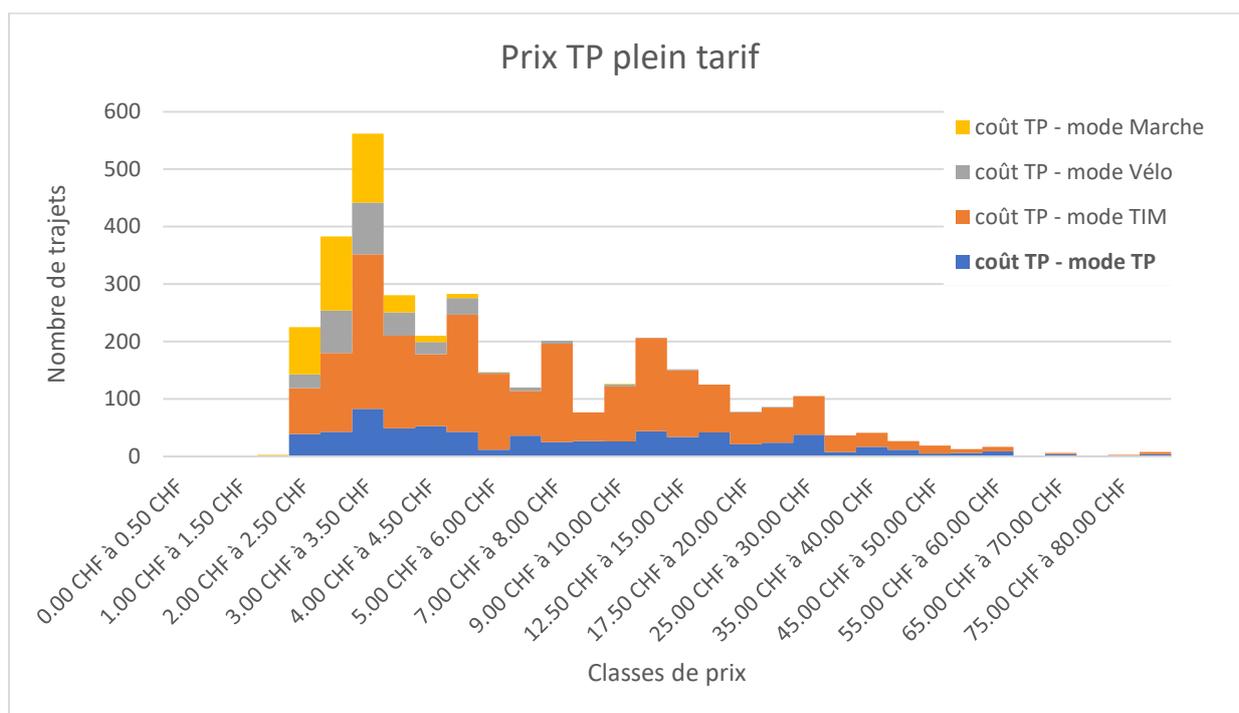


Figure 11 - Distribution du prix TP plein tarif

La distribution et les extrêmes semblent tout à fait réalistes, avec des déplacements coûtant au minimum 2 CHF, une grande part de déplacements entre 2 et 4 CHF (déplacements probablement urbains, en zone tarifaire unique), puis un étalement jusqu'aux prix d'environ 50 CHF, et quelques cas rares au-delà, avec le prix maximum trouvé de 105 CHF. Cependant, 95% des trajets TP trouvés ont un prix plein inférieur à 30 CHF.

Distribution du prix TP ajusté

Cependant, les prix TP dans le questionnaire ne se basent pas sur les prix au tarif plein calculé par l'outil de routage, mais sur les prix « ajustés », qui prennent en compte beaucoup de paramètres divers influençant le prix, notamment les différents abonnements en possession (autres que le demi-tarif), la distance du trajet, les modes TP empruntés (bus, tram, métro, train), la typologie territoriale de l'origine et la destination (zone urbaine / zone rurale), l'heure de départ (pour l'abonnement seven25), et le motif (voir Chapitre 8.2 et en particulier Tableau 29).

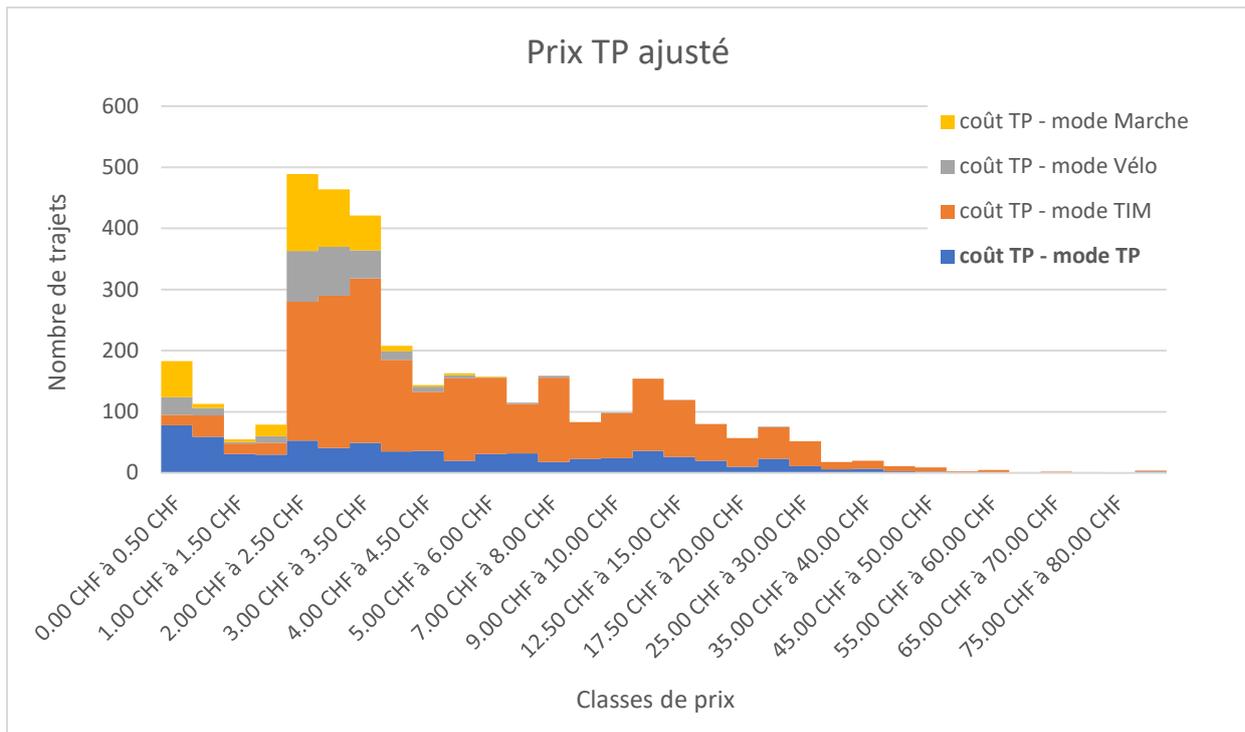


Figure 12 - Distribution du prix TP ajusté

La différence entre la Figure 11 et la Figure 12 est que la première illustre les prix TP plein tarif alors que la deuxième illustre les prix TP « ajustés » c'est-à-dire des prix TP calculés pour se rapprocher le plus possible du prix effectivement payé par chaque répondant, étant donné les paramètres mentionnés ci-dessus (abonnement, etc.). La distribution des prix TP ajustés donne donc une image plus réaliste des prix qu'on considère effectivement payés par les usagers TP. On constate ainsi des prix de trajets inférieurs à 2 CHF, ce qui s'explique par des personnes possédant les abonnements forfaitaires (comme l'AG par exemple), pour qui le prix se calcule en fonction de la distance du trajet. La distribution obtenue paraît tout à fait plausible, avec 90% des trajets ayant un prix entre 0,50 CHF et 22 CHF, et un prix de trajet maximum de 97 CHF.

Distribution du prix TP horaire

Une autre manière d'analyser le prix est de le confronter au temps du trajet, pour évaluer le prix horaire. La distribution montre un nombre important de trajets avec un prix horaire entre 5 et 10 CHF/h. Les prix s'étalent principalement (pour 90% des trajets entre les centiles 5 et 95) de 1,50 CHF/h à 18 CHF/h. Cet intervalle de valeurs est cohérent avec les valeurs de temps pour les déplacements en Suisse, qui se situent entre 10 CHF/h et 30 CHF/h. Le prix horaire le plus élevé trouvé est de 43 CHF/h.

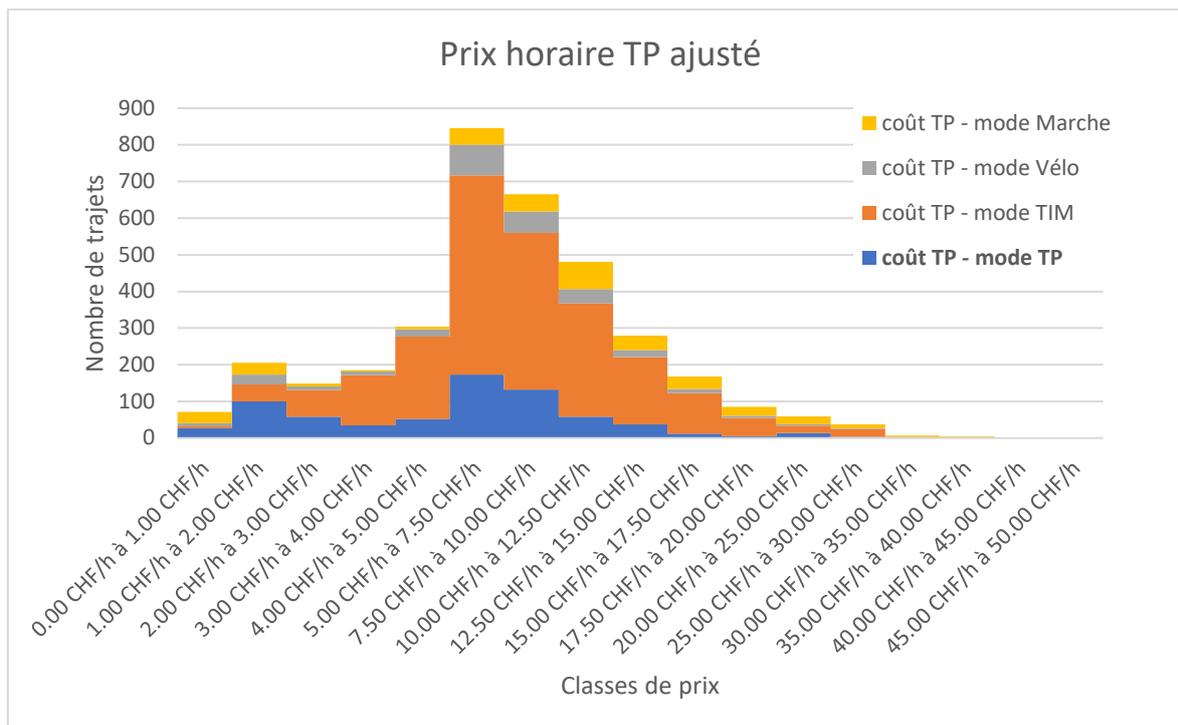


Figure 13 - Distribution du prix horaire TP ajusté

Distribution du prix TP kilométrique

La distribution du prix pour 10 km montre qu'un nombre important d'utilisateurs TP (en bleu sur le graphique) paie un prix TP kilométrique entre 0,15 et 0,20 CHF/km. C'est cohérent avec le prix TP kilométrique pour les possesseurs d'abonnement forfaitaire, établi à 0,17 CHF/km. Un autre petit groupe d'utilisateurs TP a un prix kilométrique allant de 0,50 à 0,70 CHF/km – il peut s'agir du prix trouvé pour les répondants n'ayant pas d'abonnement particulier et réalisant des trajets courts (payant par exemple 3 CHF pour 6 km). Pour la majorité (hors 5% des valeurs extrêmes les plus basses et 5% les plus hautes), les prix TP kilométriques varient de 0,15 CHF/km à 3 CHF/km. Des valeurs plus extrêmes existent, et la plus haute atteint 28 CHF/km – pour toutes les valeurs supérieures à 3 CHF/km, il ne s'agit jamais des utilisateurs TP, mais des utilisateurs Marche, Vélo ou (plus rarement) TIM, ayant réalisé des trajets très courts, qui avec le tarif minimum TP donnent lieu à des prix kilométriques très élevés.

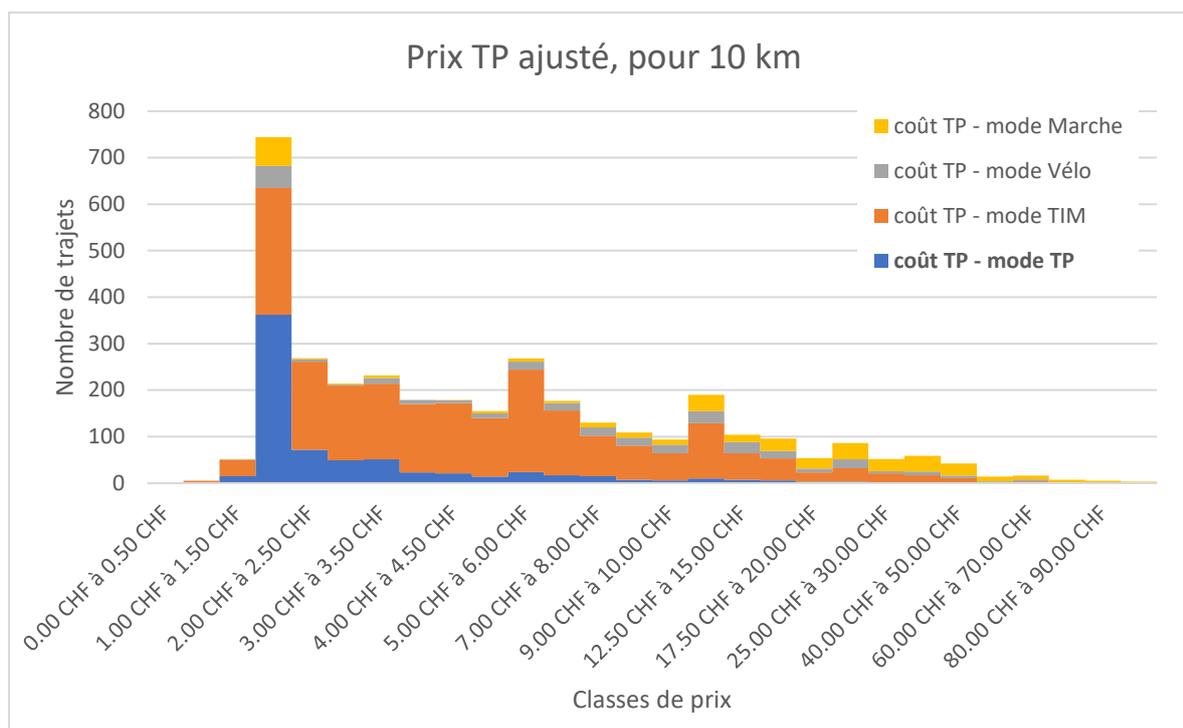


Figure 14 - Distribution du prix TP ajusté pour 10 km

10.2.3.C. DISTRIBUTION DES VARIABLES RELATIVES À LA DISTANCE

Cette analyse permet d'avoir un aperçu sur la distribution des distances obtenues avec l'outil de routage, pour le mode de transport correspondant à celui utilisé par les participants, distinctement pour chaque type de mode.

Distribution de la distance TIM

Pour les déplacements en voiture ou en moto, la distribution montre que les trajets se répartissent de manière assez uniforme entre les différentes classes de distance jusque +/- 45 km, avec également des trajets très longs – quelques cas rares dépassent les 100km. La distance maximum trouvée pour les trajets en TIM est de 298 km. L'allure en « dents de scie » dans le graphique s'explique par le fait que les classes de distances en abscisse sont de plus en plus larges quand on va vers des valeurs plus élevées (des pas de 0,5 km pour les distances inférieures à 3 km, des pas de 1 km jusqu'à 10 km, puis des pas de 2,5 km jusqu'à 20 km, etc).

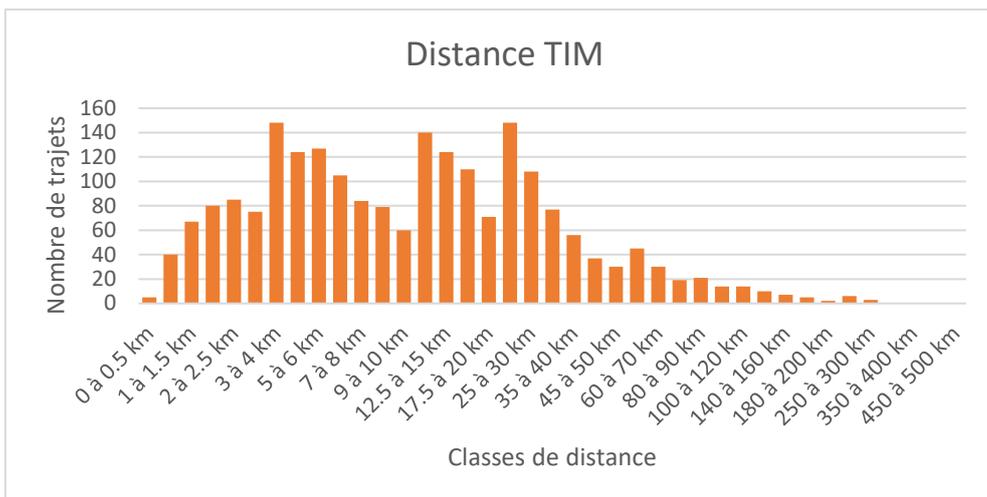


Figure 15 - Distribution de la distance des trajets TIM des usagers TIM

Distribution de la distance TP

La distribution des distances des trajets réalisés en TP couvre les distances allant principalement de 1 km à 160 km (95% des trajets ont des distances inférieures à 125 km), avec des rares trajets plus longs, le maximum trouvé étant de 264 km. Pour rappel, il s’agit toujours, ici, des distances issues de l’outil de routage. L’aspect « en dents de scie » de la distribution est ici non seulement dû au changement de largeur des classes de distance TP comme pour les distances TIM, mais s’explique aussi (et surtout) par le fait que le type TP regroupe des transports urbains, régionaux et inter-régionaux, qui ensemble offrent des trajets avec des distances très hétérogènes. L’absence de distances inférieures à 1 km est aussi compréhensible, car ces distances sont généralement parcourues à pied et non en TP.

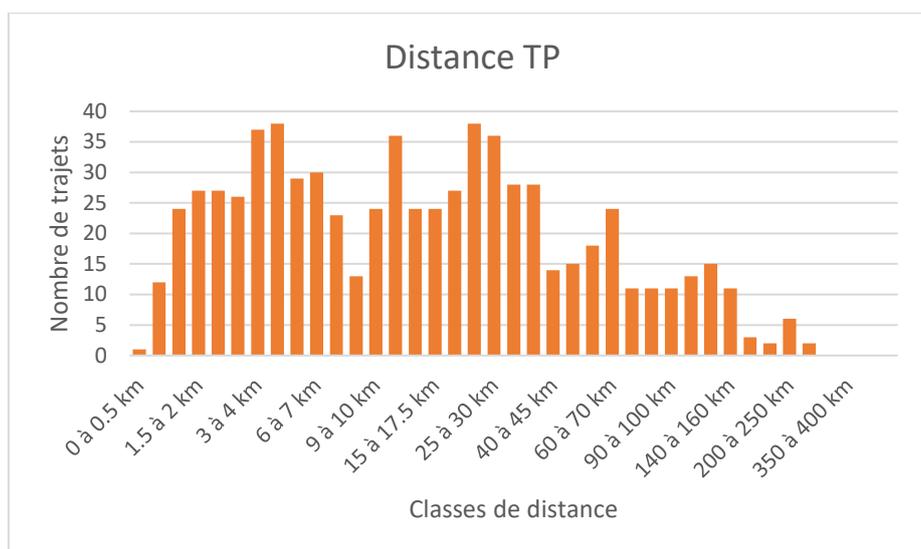


Figure 16 - Distribution de la distance des trajets TP des usagers TP

Distribution de la distance vélo

La distribution des distances des déplacements à vélo est plausible – les distances vont principalement de 0 à 10 km, avec quelques rares cas allant jusqu’à 25 km (distance maximale de 24 km).

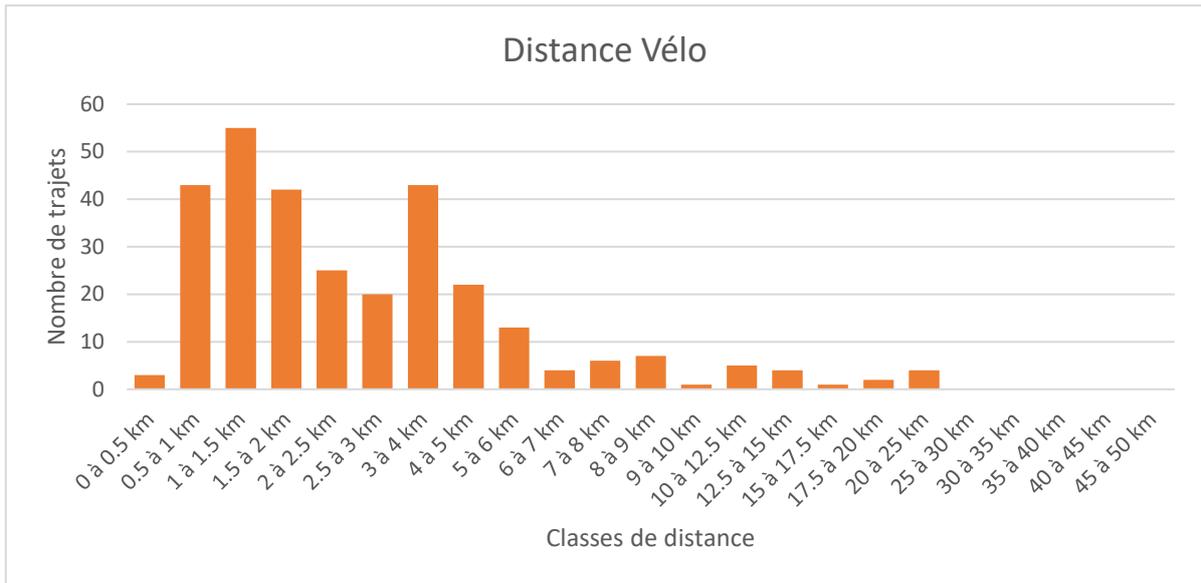


Figure 17 - Distribution de la distance des trajets Vélo des usagers Vélo

Distribution de la distance de marche

Les distances des trajets à pied sont également plausibles, concentrées sur des trajets inférieurs à 2 km (correspondant à moins de 30 minutes de marche), et quelques cas rares allant jusqu'à maximum 7 km (1h30 de marche).

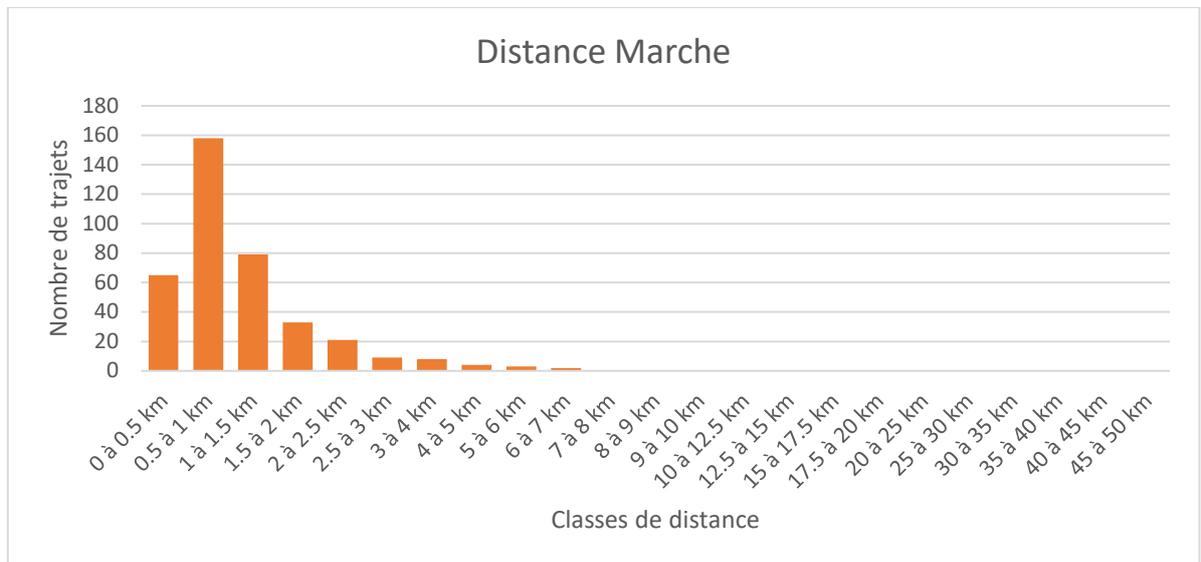


Figure 18 - Distribution de la distance Marche des usagers Marche

10.2.3.D. DISTRIBUTION DES VITESSES TIM ET TP

En confrontant le temps et la distance obtenus pour chaque trajet, on peut évaluer la vitesse moyenne de ceux-ci, qui est aussi un bon indicateur du réalisme des résultats fournis par l'outil de routage.

Distribution de la vitesse TIM

La distribution des vitesses pour les trajets en TIM montre un étalement assez homogène de 7 km/h à 80 km/h (la vitesse maximale trouvée est de 85 km/h), avec un pic sur les vitesses entre 15 et 30 km/h,

ainsi qu'un second pic entre 50 à 60 km/h. Les vitesses couvertes semblent raisonnables. A titre de comparaison, la vitesse moyenne en voiture en 2015 était de 37,1 km/h (voir [rapport MRMT 2015](#), G 3.3.1.3, p.25).

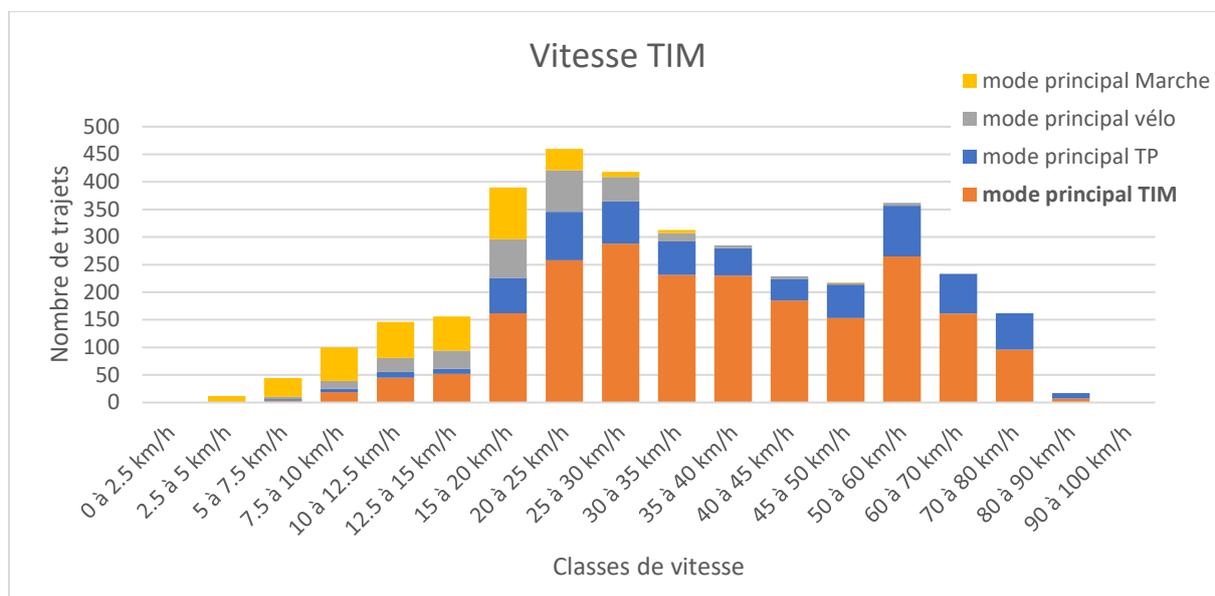


Figure 19 - Distribution de la vitesse TIM

Distribution de la Vitesse TP

Les vitesses TP sont calculées à partir de la distance des trajets TP (distance totale de porte à porte) et le temps en transport TP (temps de porte à porte moins le temps de rabattement et le temps d'attente aux transferts). Il s'agit donc approximativement de la vitesse commerciale moyenne.

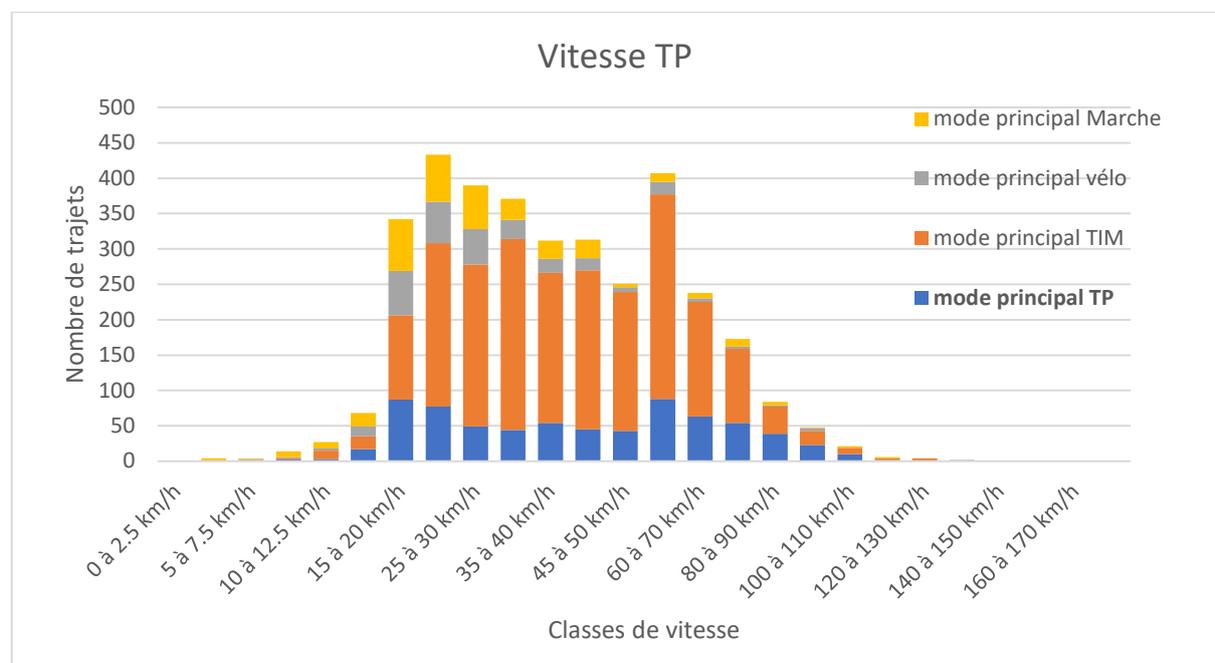


Figure 20 - Distribution de la vitesse TP

L'analyse montre que les vitesses se distribuent surtout entre 15 km/h et 100 km/h, avec quelques très rares extrêmes qui descendent jusqu'à 5 km/h et montent jusqu'à 150 km/h. On observe deux pics de vitesses – pour les vitesses de 20 à 25 km/h et 50 à 60 km/h. Globalement, les vitesses correspondent bien aux vitesses commerciales qu'on pourrait attendre des TP, avec des valeurs plus basses pour les modes urbains, moyennes pour des lignes de tram ou trains régionaux, et hautes pour les trains inter-régionaux, avec peu de correspondances. A titre de comparaison, la vitesse moyenne des étapes parcourues en bus était de 18,9 km/h en 2015, de 26,0 km/h en car postal, de 16,6 km/h en tram et de 62,2 km/h en train selon le MRMT.

10.2.3.E. DISTRIBUTION DES ATTRIBUTS TP

L'outil de routage donne aussi le nombre de correspondances pour les itinéraires TP, ainsi que la fréquence. Les valeurs obtenues sont ensuite directement utilisées comme valeurs de référence pour calculer les valeurs à présenter dans les questionnaires SP.

Distribution du nombre de changements

La distribution des nombres de changement semble tout à fait réaliste, où le nombre d'itinéraires trouvés est d'autant plus faible que leur nombre de changements est élevé. Cela montre que les itinéraires directs sont plus fréquents que les itinéraires à un changement, qui, dans la même suite logique, sont plus fréquents que les itinéraires à deux changements, et ainsi de suite.

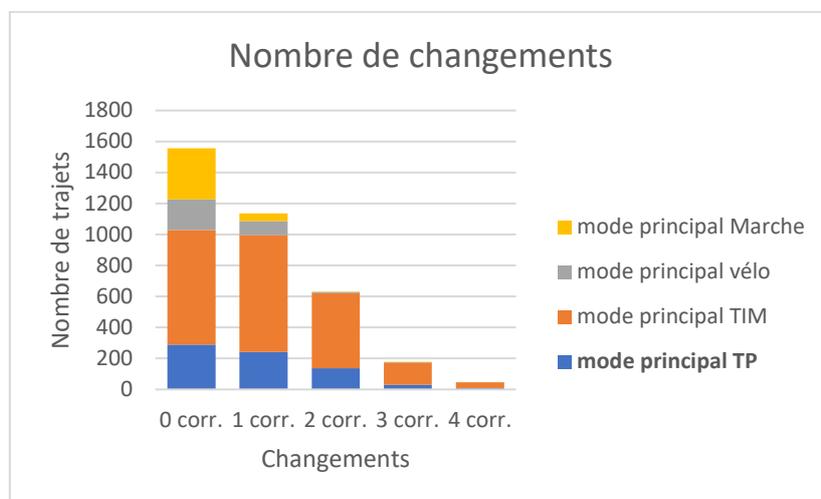


Figure 21 - Distribution du nombre de changements

Distribution de la fréquence TP (intervalle de temps entre services)

La fréquence TP donnée par l'outil est censée être calculée en fonction du nombre d'itinéraires TP alternatifs, définis comme « acceptables » (avec un temps de trajet TP au maximum 30% plus élevé que le temps de trajet TP de l'itinéraire trouvé, et pas plus que 2 changements de plus que l'itinéraire trouvé), dans un créneau de 4 heures (de 2h avant à 2h après l'heure de départ). Sur la base de ce nombre est ensuite calculée la classe d'intervalle de temps entre les services TP.

La distribution obtenue présente des trajets assez homogènement répartis entre les classes d'intervalles allant de 5 à 60 minutes, avec un fort pic sur les intervalles de 30 minutes, et quelques cas d'intervalles plus élevés – 90 et 120 minutes.

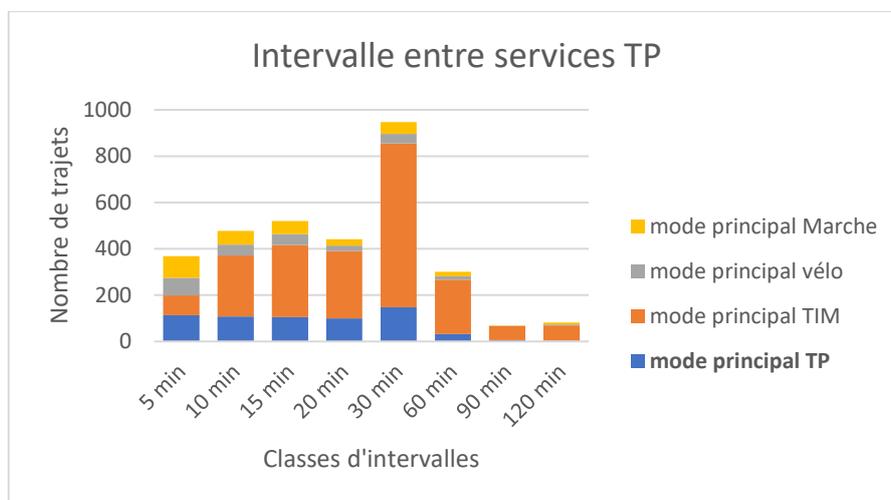


Figure 22 - Distribution de l'intervalle entre deux TP

10.2.4. ANALYSE SUR LES REPONSES AUX QUESTIONS SP - REPONSES INCOMPLETES ET NON-TRADERS

Une analyse sur les non-traders a été effectuée sur les réponses des répondants à l'enquête principale. Les non-traders sont des répondants qui choisissent toujours le même mode ou, dans le cas d'un exercice intra-modal, choisissent toujours l'option la moins chère ou la plus rapide : ils ne font pas vraiment de trade-offs (arbitrages) entre les attributs proposés et apportent peu d'information pour l'estimation des modèles. Il est cependant normal d'avoir des non-traders, mais il est important de s'assurer qu'il n'y en ait pas en excès. Cette analyse a également été effectuée pour les pré-tests, permettant d'ajuster le design SP pour réduire le nombre de non-traders. Pour l'enquête principale, des champs particuliers ont été rajoutés dans la table finale des données, pour indiquer ceux qui seraient des non-traders, en distinguant chaque exercice SP. Cela permet dans une prochaine étape d'élaboration de modèle, de traiter les résultats de non-traders d'une façon spécifique, en les excluant par exemple, si cela est jugé opportun.

Le graphique ci-dessous présente les taux de non-traders obtenus lors de l'enquête SP 2015, pour l'exercice du choix modal équivalent au SP1 (Verkehrsmittelwahl), et les exercices de choix d'itinéraire TIM et TP équivalents au SP2 et au SP3 (Routenwahl).

Pour les exercices SP2 et SP3, les « non-traders » peuvent être définis de différentes manières. Si l'on compare les taux de non-traders de l'enquête de 2021 à ceux de 2015, il faut indiquer que la définition de « non-trader » considérée en 2015 correspond à celle que nous appelons dans nos résultats « même option ». Selon cette définition sont considérés comme non-traders les répondants qui ont toujours choisi l'option 1 ou toujours choisi l'option 2 (quel que soit le contenu de l'option 1 ou 2), comme cela a

été le cas dans les analyses de l'enquête 2015⁴⁸. Pour les exercices SP2 et SP3, en 2021, nous avons également calculé le taux de non-traders selon une autre définition, expliquée plus bas.

Abbildung 11 Non-Trading in den SP-Experimenten

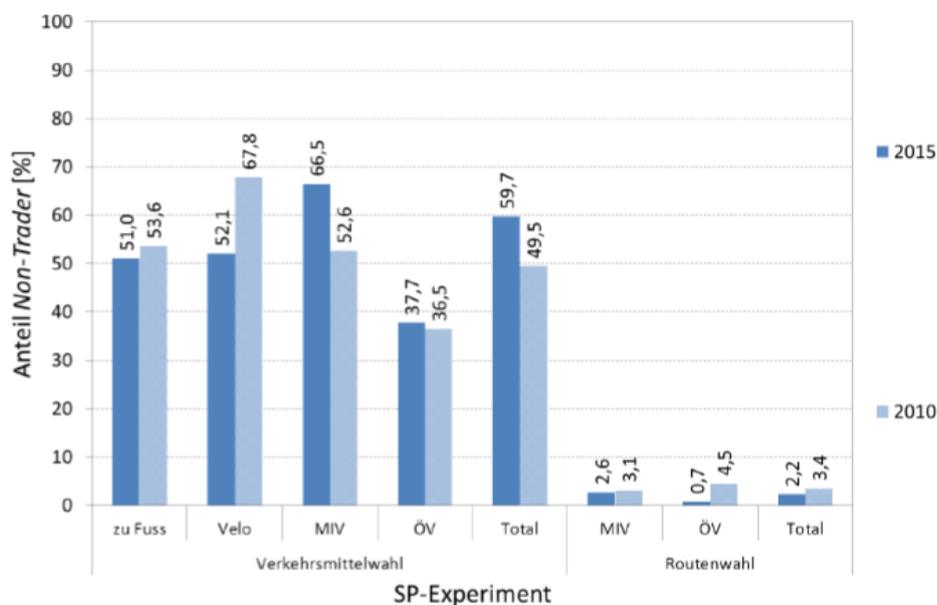


Figure 23 - Taux de non-traders en SP1, SP2 et SP3 lors des enquêtes de 2010 et 2015

10.2.4.A. RÉPONSES INCOMPLÈTES

Dans les réponses de l'enquête principale, il arrive que des participants ne répondent pas à certaines questions SP. Les répondants ont eu la possibilité de passer aux questions suivantes sans choisir une des options proposées. Pour pouvoir repérer facilement et éventuellement traiter d'une manière particulière les résultats des enquêtes où les participants n'ont pas répondu à toutes les questions, lors de l'élaboration du modèle, un champ indiquant le nombre de réponses restées sans réponse pour chaque SP a été ajouté dans la table finale des données.

Les analyses de non-traders qui suivent ont été réalisées uniquement sur les réponses complètes (répondants ayant répondu à toutes les questions SP d'un exercice donné) ; les taux de non-traders sont calculés uniquement sur le nombre de réponses complètes.

10.2.4.B. NON-TRADERS SP1

Pour l'exercice SP1 (choix modal), les résultats de l'enquête principale montrent un taux de 61% de répondants, ayant, pour toutes les 6 questions, toujours choisi le même mode. C'est un ordre de grandeur proche des résultats de l'enquête SP 2015, présentant 60% de non-traders SP1, et plus grand

⁴⁸ Voir le rapport sur l'enquête de 2015, section 5.5, notamment le premier et le dernier paragraphes.

que lors du pré-test d'avril. Le tableau ci-dessous montre les taux en fonction du mode actuel des répondants, utilisé pour réaliser le trajet décrit dans l'enquête. On voit ainsi, que le comportement de non-traders est particulièrement fort chez les usagers du vélo (79%), de la marche (65%) et les usagers de la voiture (62%).

Le comportement de rester attaché à un mode, quelles que soient les caractéristiques présentées pour ce mode (jusqu'à un certain point), est un comportement normal, que l'on retrouve dans toutes les enquêtes sur le choix modal. Les concepteurs d'enquête essaient de minimiser la part de répondants ayant ce genre de comportement parce qu'ils apportent moins d'information pour la modélisation, mais leurs réponses sont correctes (en ce sens qu'elles reflètent leur comportement réel) et la modélisation n'est pas mise en péril par ce genre de réponse.

Tableau 40 - Non-traders SP1 par mode actuel et par mode toujours choisi – Enquête principale

Analyse non-traders SP1 par mode actuel			Part des répondants (%)	Nombre de non-traders					
mode actuel	Réponses SP1	Réponses complètes		TIM	TP	Vélo	Marche	Total	Part N-T %
TIM	2191	2135	64%	1223	32	58	20	1333	62%
TP	585	564	17%	19	207	20	6	252	45%
Vélo	310	303	9%	5	3	231	1	240	79%
Marche	371	355	11%	9	12	6	205	232	65%
Total	3457	3357	100%	1256	254	315	232	2057	61%

Tableau 41 - Non-traders SP1 par mode actuel et par mode toujours choisi – Pré-test d'avril

Analyse non-traders SP1 par mode actuel		Part des répondants (%)	Nombre de non-traders					
mode actuel	Réponses SP1		TIM	TP	Vélo	Marche	Total	Part N-T %
TIM	224	62%	111	2	7	6	126	56%
TP	55	15%	2	18	4	0	24	44%
Vélo	32	9%	0	0	21	0	21	66%
Marche	48	13%	0	3	1	16	20	42%
Total	359	100%	113	23	33	22	191	53%

10.2.4.C. NON-TRADERS SP2

Les résultats du SP2 (choix de l'itinéraire routier) présentent un taux de 10,6% de non-traders choisissant toujours l'itinéraire le plus rapide, et 6,2% choisissant toujours le moins cher. Le taux de 10,6% est sensiblement plus faible que celui enregistré dans le pré-test d'avril, suite aux ajustements effectués sur la base de l'analyse des résultats de ce pré-test (voir les sections 4.2.2 et 9.2.2).

Globalement, le pourcentage de non-traders est relativement faible pour l'exercice SP2. Comme pour le choix modal, ce type de comportement existe dans la réalité et ces réponses peuvent donc être considérées comme correctes, et elles ne mettent pas en péril la modélisation.

Le taux de non-traders choisissant toujours la même option (toujours l'option 1 ou l'option 2), conformément à la définition de 2015, est de 3,0% - très proche de celui observé dans les résultats des enquêtes 2015 (2,6%) et 2010 (3,1%) (voir section 10.2.4 et Figure 23).

Tableau 42 - Non-traders SP2 – Enquête principale

Analyse non-traders SP2		Nombre	Taux %
Non-traders	« même option »	65	3,0%
	« plus rapide »	227	10,6%
	« moins cher »	133	6,2%
	Total	360	16,8%
Répondants	Total SP2	2141	100,0%

Tableau 43 - Non-traders SP2– Pré-test d'avril

Analyse non-traders SP2		Nombre	Taux %
Non-traders	"plus rapide"	56	25,0%
	"moins cher"	8	3,6%
	Total	64	28,6%
Répondants	Total SP2	224	100,0%

10.2.4.D. NON-TRADERS SP3

L'exercice de SP3 (choix d'itinéraire TP) ne permet pas d'identifier de manière sûre les comportements de type non-trader, car des attributs très différents varient d'une question à une autre et aucune option ne peut être considérée comme « meilleure sur tous les aspects » pour tous les types d'utilisateur. Toutefois, il est possible de trouver des cas où toutes les réponses choisies correspondaient à la meilleure option en termes d'un seul des attributs présents, par exemple : le temps de trajet, le prix, le nombre de correspondances, la fréquence et la charge de fréquentation. Les répondants présentant ce type de réponses peuvent être des non-traders, s'ils ont vraiment fait le choix en fonction d'un attribut particulier uniquement.

Tableau 44 - Non-traders SP3 - Enquêtes principales

Analyse non-traders SP3		Répondants	"Non-traders"	Taux %
Non-trader	"même option"	1003	9	0,9%
Temps	"plus rapide"	663	16	2,4%
Prix	"moins cher"	663	16	2,4%
Nombres de changements	"moins de changements"	323	14	4,3%
Fréquence	"plus fréquent"	340	14	4,1%
Charge	"moins chargé"	340	4	1,2%

Le nombre de répondants observés est identique entre certains attributs et différents pour certains groupes (663 pour le temps et le prix, 340 pour le nombre de correspondances, la fréquence et la charge), car certains attributs étaient présents dans chaque questionnaire, alors que d'autres n'étaient présents uniquement pour un groupe de répondants (voir Tableau 2).

Tableau 45 - Non-traders SP3 - Pré-test d'avril

Analyse non-traders SP3		Répondants	"Non-traders"	Taux %
Temps	"plus rapide"	67	11	16,4%
Prix	"moins cher"	67	0	0,0%
Nombre de changements	"moins de changements"	37	5	13,5%
Fréquence	"plus fréquent"	30	4	13,3%
Charge	"moins chargé"	30	1	3,3%

Le taux d'éventuels non-traders est acceptable, surtout si on considère que les pourcentages calculés peuvent ne pas relever d'un réel comportement d'absence d'arbitrage dans les choix. Les résultats, en termes de taux, sont proches des résultats du pré-test d'avril.

Le taux de non-traders choisissant toujours la même option, conformément à la définition de 2015, est de l'ordre de 0,9%, ce qui est très proche des résultats de 2015 (0,7%), et plus bas que les résultats de 2010 (4,5%) (voir section 10.2.4 et Figure 23).

10.2.4.E. NON-TRADERS SP4

Dans l'exercice SP4 (choix de l'heure de départ), le comportement « non-trader » correspond à des cas où un répondant aurait toujours choisi le même type d'option, parmi les 3 suivantes :

Option A : partir à la même heure de départ avec le mode actuel, et payer le surcoût d'heure de pointe

Option B : partir à une heure de départ décalée avec le mode actuel, et ne pas payer de surcoût d'heure de pointe

Option C : partir à la même heure de départ avec un autre mode (TP ou TIM), et payer le surcoût d'heure de pointe

Tableau 46 - Non-traders SP4, par type de combinaison d'options proposées – Enquête principale

Analyse non-traders SP4 par options proposés				Nombre de non-traders				
combinaison	Réponses SP4	Réponses SP4 complètes	Taux (%)	option A	option B	option C	Total	Taux (%)
TIM-TIM-TP	656	648	67%	71	103	9	183	28%
TP-TP-TIM	239	237	25%	14	19	11	44	19%
TP-TP	84	82	8%	15	12	0	27	33%
Total	979	967	100%	100	134	20	254	26%
				10%	14%	2.%	26%	

Tableau 47 - Non-traders SP4, par type de combinaison d'options proposées – Pré-test d'avril

Analyse non-traders SP4 par options proposés			Nombre de non-traders				
Combinaison	Réponses SP4	Taux (%)	Option A	Option B	Option C	Total	Taux (%)
A-TIM / B-TIM / C-TP	55	73 %	3	13	2	18	33%
A-TP / B-TP / C-TIM	15	20 %	2	0	0	2	13%
A-TP / B-TP	5	7%	1	1	0	2	40%
Total	75	100 %	6	14	2	22	29%
			8%	19%	3%	29%	

Les résultats permettent de constater que le taux de non-traders total est d'environ 26%. Il est aussi intéressant de remarquer qu'une part importante de réponses de non-traders consiste en situations où les usagers TIM choisissent toujours de décaler leur heure de départ pour ne pas payer le surcoût d'heure de pointe. Ce comportement semble tout à fait réaliste. On peut donc conclure que le design du SP4 fonctionne correctement.

10.2.5. ERREUR TROUVÉE DANS LE SP4

Après la réalisation de l'enquête, nous avons constaté qu'une erreur d'affichage s'était produite dans les questionnaires papier pour les usagers TP ayant reçu l'exercice SP4. L'attribut « nombre de changements » présent dans les options était toujours affiché avec la valeur « 00:00 », au lieu du nombre de changement prévu pour l'exercice (« 0 », « 1 », « 2 », ...).

Transports publics, itinéraire A		Transports publics, itinéraire B		Voiture	
Heure de départ :	07:05	Heure de départ :	06:45	Heure de départ :	07:05
Coût total :	21.70 CHF	Coût total :	13.00 CHF	Coût total :	15.40 CHF
- Prix du déplacement + surcoût de base :	13.00 CHF	- Prix du déplacement + surcoût de base :	13.00 CHF	- Coût du carburant + surcoût de base :	7.70 CHF
- Surcoût aux heures de pointe :	8.70 CHF	- Surcoût aux heures de pointe :	0.00 CHF	- Surcoût aux heures de pointe :	7.70 CHF
Charge de fréquentation :	moyenne	Charge de fréquentation :	faible	Durée totale :	56min
Nombre de changements :	00:00	Nombre de changements :	00:00		
Durée totale :	31min	Durée totale :	31min		
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

Ce problème concerne 70 répondants, dont les données ne pourront donc pas servir pour estimer le coefficient relatif au nombre de changements TP dans le SP4. Celui-ci pourra néanmoins être estimé avec les 253 usagers TP ayant reçu l'exercice SP4 et ayant répondu en ligne.

Pour prendre en compte cette erreur d'affichage dans la base de données, nous avons mis la variable du nombre de changements à la valeur 0 dans la base de données pour les 70 cas concernés et nous avons indiqué par un code qu'il s'était produit une erreur d'affichage.

10.3. Modèles préliminaires

Dans cette section, nous présentons les résultats des estimations de modèles préliminaires sur les données principales. L'objectif de cette phase d'estimation est de vérifier si les expériences ont bien fonctionné, si les signes et l'ordre de grandeur des paramètres sont plausibles et si les données peuvent être utilisées pour une modélisation plus poussée.

Pour rappel, l'enquête contient quatre exercices SP, avec plusieurs variantes de design de plan factoriel pour chaque exercice. Nous avons estimé des modèles distincts pour chaque variante de conception (et les avons comparés aux résultats du pré-test d'avril 2021). En outre, nous avons estimé des modèles pour chaque exercice ainsi que des modèles conjoints (c'est-à-dire combinant plusieurs exercices SP).

Tous les modèles sont des modèles multinomiaux (MNL) relativement simples, avec quelques termes d'interaction. Ces modèles sont légèrement plus avancés que ceux du pré-test, mais sont encore loin d'être les meilleurs modèles pouvant être estimés sur ces données. Ces derniers nécessiteraient un travail plus large sur la formulation optimale, à la fois en termes des fonctions pour toutes les composantes de la fonction d'utilité (fonctions linéaires ou plus complexes), et en termes d'interactions avec d'autres paramètres (tels que les variables décrivant les caractéristiques propres aux répondants ou aux déplacements).

Les modèles ont été développés en commençant par les modèles de choix de l'itinéraire. Tout d'abord les modèles pour le SP2 (choix d'itinéraire pour les automobilistes) ont été estimés, car cet exercice ne contenait que deux ou trois attributs et une large quantité de données. Cela a permis de trouver une bonne formulation de la fonction d'utilité, sur la base de laquelle les autres modèles ont pu être construits. Après le SP2, le modèle pour l'exercice SP3 (choix d'itinéraire pour les déplacements en transports publics) a été estimé, puis celui pour le SP1 (choix du mode de transport). Pour le choix du mode, un modèle indépendant a d'abord été estimé, puis un modèle joint, combinant le SP1 avec le SP2 et le SP3. Enfin, un modèle a été estimé pour l'exercice SP4 (de nouveau, indépendamment d'abord, puis en joignant les données des autres exercices SP).

10.3.1. SP2 – CHOIX DE L'ITINÉRAIRE ROUTIER

L'exercice SP2 a 6 designs de segments différents, se distinguant par les niveaux et les plans factoriels. Le tableau suivant présente les 6 segments, leurs caractéristiques et le nombre de répondants dans le pré-test d'avril 2021 et l'enquête principale pour chacun d'eux :

Tableau 48 - Segments SP2 et nombre de réponses collectées

Design du segment	Classe de distance	Congestion	Attributs	Nombre de réponses	
				Enquête principale	Pré-test d'avril
A	0 – 10 km	Avec congestion	3 attributs : temps de trajet, coût du trajet, surcoût d'heure de pointe	258	53
B	10 – 30 km			196	44
C	≥ 30 km			102	25
D	0 – 10 km	Sans congestion	2 attributs : temps de trajet, coût du trajet	645	119
E	10 – 30 km			384	40
F	≥ 30 km			205	28
Total				1790	309

10.3.1.A. SP2-DEF – EXERCICES AVEC DEUX ATTRIBUTS

D'abord sont élaborés les modèles pour les designs de segments les plus simples – D, E et F, car ils ne contiennent que deux attributs. Quatre modèles sont estimés : un pour chaque segment de conception et un pour les trois segments ensemble. Nous avons utilisé une fonction d'utilité simple avec une formulation linéaire pour le temps et le coût :

$$(1) U_{alt} = \beta_{CarCost} \cdot CarCost_{alt} + \beta_{CarTime} \cdot CarTime_{alt}$$

dans lesquelles *alt* désigne l'option de choix considérée.

Les coefficients qui en résultent sont présentés dans le tableau suivant. Cette table présente également les résultats de l'enquête pilote (pré-test d'avril).

Tableau 49 - Coefficients et valeurs de temps pour les segments SP2 avec deux attributs

	Attribut		SP2-D	SP2-E	SP2-F	SP2-DEF
Enquête principale	Beta_CarCost	Valeur	-1.474	-0.596	-0.196	-0.297
		robust std err	0.088	0.03	0.018	0.018
		robust t-test	-16.839	-19.661	-11.164	-16.664
	Beta_CarTime	Valeur	-0.242	-0.154	-0.073	-0.119
		robust std err	0.01	0.007	0.006	0.004
		robust t-test	-23.965	-22.776	-11.428	-26.558
	VTT (CHF/h)		9.86	15.49	22.50	24.09
Enquête pilote	Beta_CarCost	Valeur	-0.323	-0.207	-0.565	N'a pas été estimé
		robust std err	0.031	0.056	0.117	
		robust t-test	-10.467	-3.707	-4.841	
	Beta_CarTime	Valeur	-0.111	-0.163	-0.07	
		robust std err	0.007	0.023	0.014	
		robust t-test	-16.721	-7.256	-5.052	
	VTT (CHF/h)		20.6	17.3	20.3	

Pour les modèles des différents sous-segments, nous arrivons aux conclusions suivantes :

- Tous les coefficients estimés sont très significatifs (avec des t-ratios élevés). Ils ont tous le signe négatif (attendu). Dans chaque modèle, les coefficients de coût et de temps ont des t-ratios

similaires, ce qui est optimal pour calculer la valeur du temps de trajet (en prenant le ratio de deux coefficients).

- Par rapport au pré-test d'avril, les t-ratios sont maintenant beaucoup plus forts et les VTT (valeurs du temps de trajet) sont beaucoup plus plausibles. Ceci est dû à l'augmentation du nombre de répondants, mais aussi aux améliorations apportées au design des plans d'expérience des segments SP2D et SP2F suite au pré-test d'avril (voir les sections 4.2.2 et 9.2.2).
- La VTT⁴⁹ augmente avec la distance (c'est-à-dire du segment D à F), comme prévu. Ce n'était pas encore le cas dans l'étude du pré-test d'avril.
- La VTT des segments DEF combinés est plus élevée que pour chacun des segments individuels. Cela est lié au fait que les coefficients de temps et de coût diffèrent fortement entre les segments. Dans l'estimation des segments DEF combinés, les coefficients de temps et de coût optimaux pour toute la gamme de distances sont estimés, ils sont très différents des coefficients qui ont été calculés pour chaque segment, et donc mathématiquement, cela peut donner une VTT très différente (et en l'occurrence plus élevée) que celles des segments pris isolément.

Il est clair que les coefficients de temps et de coût sont différents entre les segments. Par conséquent, nous devons les combiner avec soit la distance du trajet de référence, soit le temps de trajet de référence (c'est-à-dire la distance de base ou le temps de base). Pour étudier cela, nous avons estimé des modèles séparés pour six classes de distance et six classes de temps de référence. Le nombre de 6 classes provient d'un équilibre entre, d'une part, avoir des classes couvrant plus ou moins le même intervalle de distance et, d'autre part, avoir des classes ayant plus ou moins le même effectif en termes de répondants. La figure suivante montre les coefficients de coût et de temps pour les six modèles estimés, pour les six classes de temps de référence (ceux-ci ont montré une relation légèrement plus claire que les modèles pour les six classes de distance, bien qu'aucun test formel n'ait été réalisé).

⁴⁹ VTT : « value of travel time » ou valeur du temps (de déplacement).

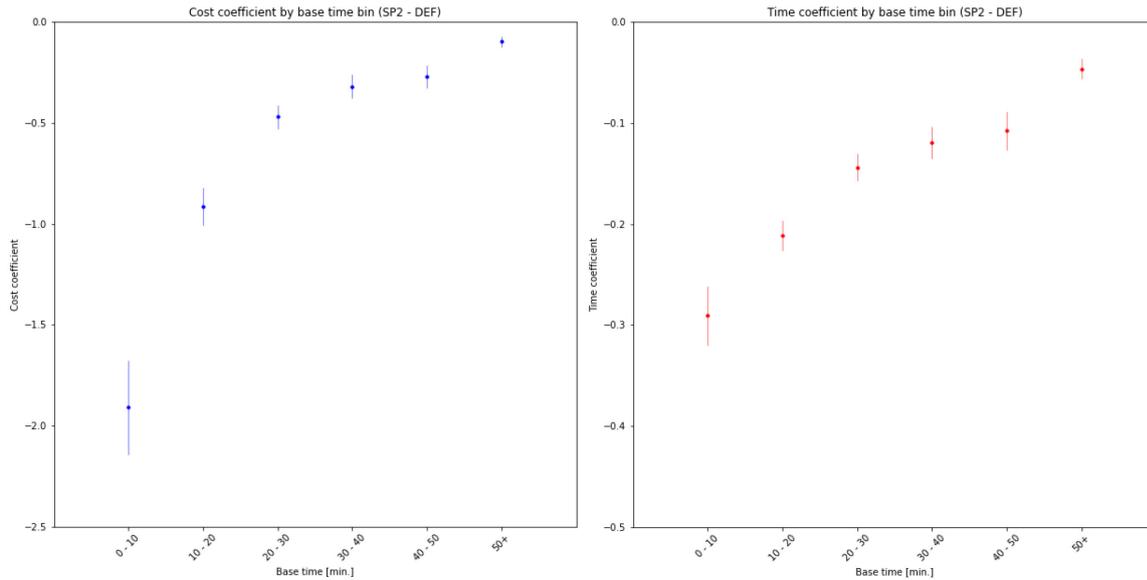


Figure 24 - Coefficients de temps et de coûts en fonction du temps de référence du trajet, et leurs écarts-types d'intervalles d'incertitude (les barres verticales représentent une marge d'incertitude correspondant à un écart-type)

Cette analyse a montré que les coefficients de temps et de coût varient (dans une certaine mesure) linéairement avec l'inverse du temps de référence⁵⁰.

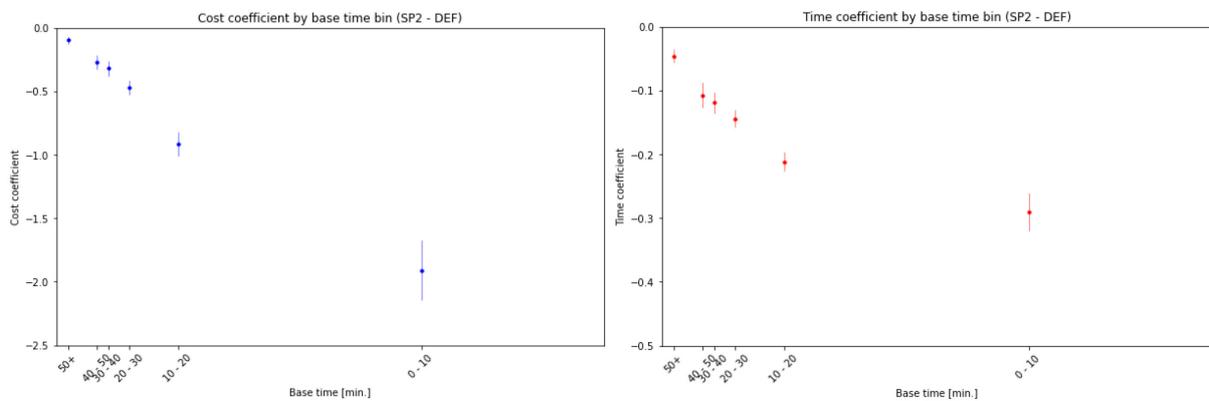


Figure 25 - Coefficients de temps et de coûts en fonction de l'inverse du temps de référence du trajet

Nous arrivons donc à la spécification de la fonction d'utilité qui suit. Il est important de noter qu'aucun test formel n'a été effectué pour conclure que cette formulation est la meilleure. Cependant, nous

⁵⁰ Pour chaque coefficient la position horizontale sur le graphique est basée sur le milieu de chaque intervalle de temps de référence (plus exactement, son inverse), plutôt que sur la moyenne. Dans tous les cas, il existe une incertitude sur la position horizontale, de sorte qu'il est impossible de conclure formellement que la relation est strictement linéaire. Mais ces résultats fournissent une très forte indication en faveur de cette hypothèse.

pensons que cette formulation de fonction est une bonne candidate et est suffisante pour cette série d'estimations relativement simples.

$$(2) U_{alt} = \left(\beta_{CarCost_{60}} + \beta_{CarCost_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot CarCost_{alt} + \left(\beta_{CarTime_{60}} + \beta_{CarTime_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot CarTime_{alt}$$

où BT = temps de base, soit le temps de référence du trajet en voiture. Notons que les coefficients de temps et de coût ont tous les deux une composante constante ($\beta_{CarCost_{60}}$, le coefficient de coût qui s'applique aux déplacements ayant un temps de référence de 60 minutes) et une composante linéaire ($\beta_{CarCost_d}$) avec l'inverse du temps de base. Remarquons aussi qu'avec la soustraction de $1/60$ de $1/BT$, la composante constante du coefficient est la valeur qui s'applique à un trajet de 60 minutes.

Les coefficients ainsi obtenus sont⁵¹ :

Tableau 50 – Coefficients estimés pour les segments SP2 à deux attributs avec une formulation de la fonction d'utilité intégrant le temps de référence – voir équation (2)

	Attribut	SP2-DEF		
		Valeur	robust std err	robust t-test
Enquête principale	Beta_CarCost_60	-0.208	0.013	-15.829
	Beta_CarCost_d	-11.440	0.547	-20.901
	Beta_CarTime_60	-0.084	0.005	-16.258
	Beta_CarTime_d	-1.922	0.119	-16.118

Ces coefficients peuvent être utilisés pour calculer la VTT pour n'importe quelle valeur du temps de base avec la formulation classique (c'est-à-dire $VTT = \beta_{time} / \beta_{cost}$), mais en prenant en compte le fait que dans ce cas-ci, les deux coefficients dépendent du temps de référence.

$$VTT = \left(\beta_{CarTime_{60}} + \beta_{CarTime_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) / \left(\beta_{CarCost_{60}} + \beta_{CarCost_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right)$$

Quelques exemples :

VTT (pour un trajet de 15 min.) = 13,85 CHF/h
 VTT (pour un trajet de 30 min.) = 17,45 CHF/h
 VTT (pour un trajet de 60 min.) = 24,22 CHF/h
 VTT (pour un trajet de 90 min.) = 30,47 CHF/h

Il convient de noter qu'il s'agit de moyennes au sein de l'échantillon observé. Il est probable que l'ensemble des voyageurs avec un temps de trajet de base long présente des caractéristiques différentes de ceux avec un temps de trajet de base court (par exemple, une répartition différente en fonction des motifs, des revenus, de l'âge, etc...). La dépendance de la VTT du temps de base peut en partie être expliquée par ces caractéristiques socio-économiques et les caractéristiques propres au déplacement. Lors d'un travail complet de recherche de meilleure formulation de la fonction d'utilité, il

⁵¹ Il est à noter que dans l'ensemble de données qui a été compilé pour cette estimation, le temps de base n'était pas disponible pour tous les répondants. Ainsi, certains répondants (principalement ceux du pré-test d'avril) ont été exclus.

est probable que l'ajout de ces variables d'interaction conduise à des valeurs plus faibles des coefficients dépendants du temps de base du trajet - $\beta_{CarCost_d}$ et $\beta_{CarTime_d}$.

10.3.1.B. SP2-ABC – EXERCICES AVEC TROIS ATTRIBUTS

Nous poursuivons avec les segments de design A, B et C. Dans ces segments, un surcoût d'heure de pointe a été présenté aux répondants comme un attribut supplémentaire. Là encore, nous avons estimé quatre modèles : un pour chaque design de segment et un pour les trois segments combinés. Nous avons utilisé une fonction d'utilité simple avec des termes linéaires uniquement :

$$(3) U_{alt} = \beta_{CarCost} \cdot CarCost_{alt} + \\ \beta_{CarPHCharge} \cdot CarPHCharge_{alt} + \\ \beta_{CarTime} \cdot CarTime_{alt}$$

Les coefficients qui en résultent sont présentés dans le tableau suivant. Pour une vision complète, ce tableau présente aussi les résultats du pré-test d'avril.

Tableau 51 - Coefficients et valeurs de temps obtenus pour les segments SP2 à trois attributs (3)

	Attribut		SP2-A	SP2-B	SP2-C
Enquête principale	Beta_CarCost	Valeur	-1.438	-0.374	-0.099
		robust std err	0.109	0.034	0.013
		robust t-test	-13.161	-10.869	-7.753
	Beta_CarPHCharge	Valeur	-1.167	-0.413	-0.101
		robust std err	0.122	0.036	0.012
		robust t-test	-9.594	-11.339	-8.097
	Beta_CarTime	Valeur	-0.26	-0.14	-0.057
		robust std err	0.013	0.008	0.005
		robust t-test	-19.625	-17.813	-12.407
	VTT (CHF/h)		10.85	22.46	34.55
Pré-test d'avril	Beta_CarCost	Valeur	-0.63	-0.334	-0.193
		robust std err	0.339	0.082	0.048
		robust t-test	-1.859	-4.089	-4.015
	Beta_CarPHCharge	Valeur	-1.402	-0.234	-0.099
		robust std err	0.48	0.1	0.037
		robust t-test	-2.92	-2.353	-2.659
	Beta_CarTime	Valeur	-0.198	-0.115	-0.076
		robust std err	0.029	0.016	0.017
		robust t-test	-6.921	-7.089	-4.435
	VTT (CHF/h)		18.85	20.65	23.63

Pour les modèles des différents sous-segments, nous arrivons aux conclusions suivantes :

- Tous les coefficients estimés sont très significatifs (c'est-à-dire avec des t-ratios élevés). Ils ont tous le signe négatif (attendu). Dans chaque modèle, les coefficients de temps ont des t-ratios légèrement plus élevés.
- Par rapport au pré-test d'avril, les t-ratios sont maintenant beaucoup plus forts et les VTT sont beaucoup plus plausibles. Cela est dû à l'augmentation du nombre de répondants, mais aussi aux petites améliorations qui ont été apportées aux plans d'expérience après le pré-test d'avril.

- La VTT augmente avec la distance de la même manière que nous l'avons constaté pour les designs de segments D à F. Et de nouveau, les coefficients de temps et de coût dépendent fortement du segment.

Nous procédons ensuite à une spécification d'utilité ABC similaire à celle que nous avons utilisée pour la combinaison de segments SP2-DEF :

$$(4) U_{alt} = \left(\beta_{CarCost_{60}} + \beta_{CarCost_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (CarCost_{alt} + \alpha_{CarPH} \cdot CarPHCharge_{alt}) + \left(\beta_{CarTime_{60}} + \beta_{CarTime_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot CarTime_{alt}$$

où Alpha_CarPH est la valeur relative pour 1 CHF de surcoût d'heure de pointe, comparé à 1 CHF de coût standard.

Les coefficients qui en résultent sont :

Tableau 52 - Coefficients estimés pour les segments SP2 à trois attributs avec une formulation de la fonction d'utilité intégrant le temps de référence (4)

	Attribut	SP2-ABC		
		Valeur	robust std err	robust t-test
Enquête principale	Alpha_CarPH	0.785	0.039	-5.51 (par rapport à 1)
	Beta_CarCost_60	-0.215	0.013	-16.609
	Beta_CarCost_d	-11.986	0.558	-21.498
	Beta_CarTime_60	-0.083	0.005	-16.543
	Beta_CarTime_d	-1.946	0.117	-16.699

On remarque que Alpha_CarPH est significativement inférieur à 1, ce qui n'était pas prévu : dans plusieurs autres études, les personnes interrogées apprécient moins payer un surcoût d'heure de pointe que payer le coût du trajet standard. Cependant, il pourrait y avoir des raisons pour lesquelles il en va autrement (si les personnes interrogées pensent que le surcoût d'heure de pointe leur est également bénéfique, par exemple en réduisant la congestion). Il est également possible que l'ajout de variables d'interaction et une recherche plus approfondie sur la formulation de la fonction d'utilité aient un impact sur la valeur d'Alpha_CarPH.

De nouveaux, ces coefficients peuvent être utilisés pour calculer la VTT pour n'importe quelle valeur de temps de base. Quelques exemples :

$$\begin{aligned} \text{VTT (pour un trajet de 15 min.)} &= 13,31 \text{ CHF/h} \\ \text{VTT (pour un trajet de 30 min.)} &= 16,75 \text{ CHF/h} \\ \text{VTT (pour un trajet de 60 min.)} &= 23,27 \text{ CHF/h} \\ \text{VTT (pour un trajet de 90 min.)} &= 29,36 \text{ CHF/h} \end{aligned}$$

Il est intéressant de noter que ces VTT sont très similaires à celles trouvées pour le SP2-DEF, qui à la différence des segments ABC concernait les options sans la congestion. Cela indique que la valeur du temps serait du même ordre de grandeur pour les déplacements effectués en congestion et les déplacements effectués hors congestion, autrement dit que le temps passé en congestion a la même valeur que le temps passé hors congestion : c'est une perception rationnelle du temps (une minute est

une minute) ; un autre type de résultat serait d'avoir que le temps passé en congestion est plus pénalisant dans la perception des usagers, ce qui pourrait aussi se justifier. Dans tous les cas, il s'agit ici de résultats préliminaires, qui doivent être approfondis dans des modèles plus aboutis.

10.3.1.C. SP2-ABCDEF – MODÈLE JOINT

En dernière étape, nous estimons un modèle sur toutes les données du SP2. Puisque le nombre d'attributs diffère selon les designs des segments, nous appliquons des facteurs d'échelle distincts pour les segments de conception ABC et DEF (bien que, puisque l'attribut supplémentaire dans SP2-ABC est également un attribut de coût, nous nous attendons à ce que ces facteurs d'échelle ne soient pas significativement différents les uns des autres).

Ainsi, la fonction d'utilité prend la forme suivante :

$$(5) U_{alt} = (Sc_{SP2ABC} \cdot is_{SP2ABC} + Sc_{SP2DEF} \cdot is_{SP2DEF}) \cdot \left(\left(\beta_{CarCost_{60}} + \beta_{CarCost_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (CarCost_{alt} + \alpha_{CarPH} \cdot CarPHCharge_{alt}) + \left(\beta_{CarTime_{60}} + \beta_{CarTime_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot CarTime_{alt} \right)$$

Les coefficients qui en résultent sont :

Tableau 53 - Coefficients estimés pour le modèle joint SP2 avec une formulation de la fonction d'utilité intégrant le temps de référence

	Attribut	SP2-ABCDEF		
		Valeur	robust std err	robust t-test
Enquête principale	Alpha_CarPH	0.780	0.040	-5.50 (par rapport à 1)
	Beta_CarCost_60	-0.218	0.014	-15.838
	Beta_CarCost_d	-12.125	0.619	-19.578
	Beta_CarTime_60	-0.084	0.005	-15.730
	Beta_CarTime_d	-1.957	0.119	-16.493
	Sc_SP2ABC Sc_SP2DEF	0.966 1	0.051 (contraint)	-0.67 (par rapport à 1)

On remarque que le facteur d'échelle Sc_SP2ABC n'est pas significativement différent de 1, c'est-à-dire qu'il n'est pas significativement différent du facteur d'échelle pour SP2-DEF, comme attendu.

10.3.2. SP3 – CHOIX DE L'ITINÉRAIRE DE TRANSPORT PUBLIC

Les plans d'expérience de l'exercice SP3 comportent 12 designs de segments. Le tableau suivant présente les spécificités de chaque design, ainsi que le nombre de répondants dans l'enquête du pré-test d'avril 2021 et l'enquête principale, pour chacun d'eux.

Tableau 54 - Segments SP3 et nombre de réponses collectées

Design du segment	Classe de distance	Congestion	Attributs	Nombre de réponses	
				Enquête principale	Pré-test d'avril
A	0 – 10 km	Sans congestion	Groupe d'attributs 1	87	12
B	10 – 30 km			44	6
C	≥ 30 km			26	9
D	0 – 10 km		Groupe d'attributs 2	61	16
E	10 – 30 km			28	9
F	≥ 30 km			44	9
G	0 – 10 km	Avec congestion	Groupe d'attributs 1	53	7
H	10 – 30 km			39	2
I	≥ 30 km			59	2
J	0 – 10 km		Groupe d'attributs 2	40	3
K	10 – 30 km			44	6
L	≥ 30 km			51	6
Total				576	87

Les groupes d'attributs présentés dans l'exercice SP3 sont les suivants :

Attributs présentés pour les répondants du groupe d'attributs SP3 1:

- Mode principal TP
- Temps (à bord du véhicule)
- Temps de rabattement (temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt)
- Prix TP (prix standard)
- Surcoût d'heure de pointe
- Intervalle de temps entre deux véhicules
- Charge de fréquentation

Attributs présentés pour les répondants du groupe d'attributs SP3 2:

- Mode principal TP
- Temps (à bord du véhicule)
- Prix TP (prix standard)
- Surcoût d'heure de pointe
- Nombre de correspondances
- Temps d'attente aux changements

Il est important de noter que le SP2 a environ 3 fois plus de répondants que le SP3, et aussi moins d'attributs. Nous nous attendons donc à des t-ratios plus faibles pour le SP3 et à moins de formulations différentes de fonction d'utilité à pouvoir tester. Par conséquent, nous avons décidé d'utiliser une formulation d'utilité similaire à celle qui a été trouvée pour le SP2. Compte tenu du faible nombre de répondants pour chacun des designs des segments, nous n'estimons pas de modèles distincts pour chaque segment. En revanche, nous estimons des modèles distincts pour chaque groupe d'attributs.

10.3.2.A. SP3-ABCGHI – GROUPE D'ATTRIBUTS 1

Nous commençons par les données des designs de segments du premier groupe d'attributs, à la fois pour les segments « avec congestion » et « sans congestion » (c'est-à-dire avec et sans surcoût d'heure de pointe). Nous tenons compte toutefois d'une différence d'échelle entre ces deux sous-groupes SP3-

ABC et SP3-GHI. La spécification de la fonction d'utilité utilisée est présentée ci-dessous. Dans cette formulation, les coefficients du temps et du coût varient linéairement avec l'inverse du temps de base du trajet :

$$(6) U_{alt} = (S_{cSP3ABC} \cdot is_{SP3ABC} + S_{cSP3GHI} \cdot is_{SP3GHI}) \cdot \left(\beta_{PTCost_{60}} + \beta_{PTCost_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (PTCost_{alt} + \alpha_{PTPH} \cdot PTPHCharge_{alt}) + \left(\beta_{PTTime_{60}} + \beta_{PTTime_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (PTTime_{alt} + \alpha_{AccEgrTime} \cdot AccEgrTime_{alt} + \alpha_{IntervTime} \cdot IntervTime_{alt}) + \beta_{Crowding} \cdot Crowding_{alt}$$

Les coefficients qui en résultent sont :

Tableau 55 - Coefficients estimés pour les segments SP3 du groupe d'attributs 1

	Attribut	SP3-ABCGHI		
		Valeur	robust std err	robust t-test
Enquête principale	Alpha_PTPH	0.925	0.169	-0.44 (par rapport à 1)
	Alpha_IntervTime	0.285	0.046	-15.54 (par rapport à 1)
	Alpha_AccEgrTime	1.322	0.108	2.98 (par rapport à 1)
	Beta_PT_Cost_60	-0.103	0.014	-7.436
	Beta_PT_Cost_d	-6.088	1.390	-4.381
	Beta_PT_Crowding	-0.345	0.051	-6.704
	Beta_PT_Time_60	-0.047	0.005	-9.840
	Beta_PT_Time_d	-1.911	0.408	-4.679
	Sc_SP3ABC	0.688	0.124	-2.52 (par rapport à 1)
Sc_SP3GHI	1		(contraint)	

Dans ce tableau, nous observons que :

- Tous les coefficients sont significatifs et ont le signe attendu.
- Le facteur du surcoût d'heure de pointe n'est pas significativement différent de 1, ce qui signifie que les personnes interrogées dans le cadre de cet exercice estiment que le surcoût d'heure de pointe de 1 CHF équivaut à un coût en TP de 1 CHF. Ceci est différent des personnes interrogées pour la voiture, pour qui 1 CHF du surcoût d'heure de pointe vaut moins que 1 CHF du coût de carburant en voiture.
- Le facteur de l'intervalle de temps entre deux véhicules (reflétant la fréquence), est de 0,285, ce qui est plus faible que prévu. En effet, si les répondants avaient perçu une minute de temps entre deux véhicules de la même manière qu'une minute de temps de trajet en transports publics, cette valeur aurait été 1. Cette valeur faible signifie donc que les répondants perçoivent le temps d'attente jusqu'au prochain véhicule TP comme moins « pénalisante » qu'une minute dans les TP. Une interprétation possible est que cette minute peut être utilisée différemment, par exemple en repoussant la fin de son activité précédente ou en développant une activité courte à la gare. Il est probable que ce facteur ne soit pas linéaire avec l'intervalle de temps, et que cette estimation soit dominée par certaines grandes valeurs d'intervalles de temps qui ont

été présentées à certains répondants. Pour une estimation plus élaborée, des différentes formulations pour ce coefficient doivent être testées.

- Le facteur pour le temps de rabattement est d'environ 1,3, ce qui signifie qu'une minute de temps de rabattement est perçue comme 30% « plus longue » qu'une minute de temps de déplacement à bord du véhicule. Cette valeur est plausible.
- Le facteur d'échelle pour le sous-groupe SP3-ABC (sans congestion) semble être (de justesse) significativement différent de 1. Cependant, en raison des corrélations entre les coefficients et les facteurs d'échelle, cela doit être testé avec un *loglikelihood ratio test*.

Ces coefficients peuvent être utilisés pour calculer la VTT pour n'importe quel temps de base. Quelques exemples :

- VTT (pour un trajet de 15 min.) = 20,99 CHF/h
- VTT (pour un trajet de 30 min.) = 23,13 CHF/h
- VTT (pour un trajet de 60 min.) = 27,38 CHF/h
- VTT (pour un trajet de 90 min.) = 31,56 CHF/h

Ces valeurs semblent un peu plus élevées que ce à quoi nous nous serions attendu (également par rapport aux valeurs trouvées pour le SP2). Une explication peut être qu'il s'agit ici de modèles relativement simples, sans interaction avec des caractéristiques socio-économiques, des facteurs spatiaux, etc.

10.3.2.B. SP3-DEFJKL – GROUPE D'ATTRIBUTS 2

Nous procédons ici à l'élaboration d'un modèle sur la base des données des designs de segments du deuxième groupe d'attributs, de nouveau pour les designs avec et sans congestion, ensemble. Nous appliquons toutefois, tout comme pour le modèle du groupe d'attribut 1, des facteurs d'échelle différents pour distinguer les segments avec et sans congestion – SP3-DEF et SP3-JKL. La spécification de la fonction d'utilité utilisée est présentée ci-dessous. Dans cette formulation, les coefficients du temps et du coût varient linéairement avec l'inverse du temps de base du trajet :

$$(7) U_{alt} = (S_{SP3DEF} \cdot is_{SP3DEF} + S_{SP3JKL} \cdot is_{SP3JKL}) \cdot \left(\beta_{PTCost_{60}} + \beta_{PTCost_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (PTCost_{alt} + \alpha_{PTPH} \cdot PTPHCharge_{alt}) + \left(\beta_{PTTime_{60}} + \beta_{PTTime_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (PTTime_{alt} + \alpha_{TransfTime} \cdot TransferTime_{alt}) + \beta_{NumTransf} \cdot NumTransfers_{alt}$$

Les coefficients qui en résultent sont :

Tableau 56 - Coefficients estimés pour les segments SP3 du groupe d'attributs 2

	Attribut	SP2-DEFJKL		
		Valeur	robust std err	robust t-test
Enquête principale	Alpha_PT_PH	1.180	0.150	1.20 (par rapport à 1)
	Alpha_PT_TransfTime	0.285	0.118	-6.06 ((par rapport à 1)
	Beta_PT_Cost_60	-0.123	0.016	-7.640
	Beta_PT_Cost_d	-7.145	1.375	-5.198
	Beta_PT_Time_60	-0.050	0.005	-9.586
	Beta_PT_Time_d	-1.788	0.384	-4.651
	Beta_NumTransf	-0.226	0.051	-4.426
	Sc_SP3DEF	1.025	0.157	0.16 ((par rapport à 1)
	Sc_SP3JKL	1		(contraint)

Dans ce tableau nous pouvons voir que :

- Tous les coefficients sont significatifs et ont le signe attendu.
- Le facteur du surcoût d'heure de pointe ne semble pas être très différent de 1, de manière similaire à SP3-ABCGHI.
- Le facteur du temps d'attente aux changements (Alpha_PT_TransfTime) est de 0,285, ce qui est plus faible que prévu. Cependant, il est probable que ce facteur soit fortement non-linéaire. Les répondants pourraient ne pas apprécier des temps de correspondance très courts, car cela augmenterait le risque de manquer une connexion. Ainsi, pour des temps de transfert très courts, ce facteur pourrait être même négatif (ce qui impliquerait que les répondants préfèrent un temps de transfert plus long). Pour une estimation plus élaborée, des formes de fonctions différentes doivent être testées pour ce coefficient.
- Une correspondance est évaluée à 4,52 minutes de temps de déplacement à bord du véhicule, pour un temps de déplacement de base de 60 minutes. C'est une valeur plausible. Classiquement, sur base des études que nous avons réalisées, une correspondance équivaut à un temps à bord allant de quelques minutes à 15-20 minutes.
- Le facteur d'échelle pour le sous-groupe SP3-DEF n'est pas significativement différent de 1, comme attendu.

Quelques exemples de VTT pour différents temps de base du trajet :

- o VTT (pour un trajet de 15 min.) = 17,42 CHF/h
- o VTT (pour un trajet de 30 min.) = 19,78 CHF/h
- o VTT (pour un trajet de 60 min.) = 24,39 CHF/h
- o VTT (pour un trajet de 90 min.) = 28,86 CHF/h

Ces valeurs semblent être un peu plus élevées que ce à quoi nous nous serions attendus (également par rapport aux valeurs trouvées pour le SP2). Ici, l'explication peut être qu'il s'agit de modèles relativement simples, et que les VTT peuvent encore changer dans des modèles plus élaborés.

10.3.2.C. SP3-ABCDEFGHIJKL – MODÈLE JOINT

En dernière étape, nous estimons un modèle sur toutes les données du SP3. Comme le nombre d'attributs diffère selon les designs de segments, nous appliquons des facteurs d'échelle distincts pour chacun des quatre sous-groupes de segments (SP3-ABC, SP3-DEF, SP3-GHI et SP3-JKL).

Ainsi, la fonction d'utilité utilisée prend la forme suivante :

$$(8) U_{alt} = (S_{C_{SP3ABC}} \cdot is_{SP3ABC} + S_{C_{SP3DEF}} \cdot is_{SP3DEF} + S_{C_{SP3GHI}} \cdot is_{SP3GHI} + S_{C_{SP3JKL}} \cdot is_{SP3JKL}) \cdot \left(\beta_{PT_{Cost}_{60}} + \beta_{PT_{Cost}_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (PT_{Cost}_{alt} + \alpha_{PTPH} \cdot PTPH_{Charge}_{alt}) + \left(\beta_{PT_{Time}_{60}} + \beta_{PT_{Time}_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (PT_{Time}_{alt} + \alpha_{AccEgrTime} \cdot AccEgrTime_{alt} + \alpha_{IntervTime} \cdot IntervTime_{alt} + \alpha_{TransfTime} \cdot TransfTime_{alt}) + \beta_{NumTransf} \cdot NumTransfers_{alt} + \beta_{Crowding} \cdot Crowding_{alt})$$

Les coefficients qui en résultent sont :

Tableau 57 - Coefficients estimés pour le modèle joint du SP3

	Attribute	SP3-ABCDEFGHIJKL		
		Valeur	robust std err	robust t-test
Enquête principale	Alpha_PT_PH	1.078	0.112	-0.70 (par rapport à 1)
	Alpha_PT_IntervTime	0.301	0.047	-14.97 (par rapport à 1)
	Alpha_PT_AccEgrTime	1.370	0.110	3.36 (par rapport à 1)
	Alpha_PT_TransfTime	0.255	0.118	-6.31 (par rapport à 1)
	Beta_PT_Cost_60	-0.118	0.015	-8.100
	Beta_PT_Cost_d	-6.957	1.139	-6.108
	Beta_PT_Crowding	-0.375	0.062	-6.033
	Beta_PT_Time_60	-0.050	0.005	-9.660
	Beta_PT_Time_d	-1.894	0.314	-6.027
	Beta_PT_NumTransf	-0.219	0.051	-4.320
	Sc_SP3ABC	0.654	0.110	-3.15 (par rapport à 1)
	Sc_SP3DEF	1.026	0.155	0.16 (par rapport à 1)
	Sc_SP3GHI	0.920	0.133	-0.60 (par rapport à 1)
	Sc_SP3JKL	1		(contraint)

Dans cette estimation conjointe, nous trouvons des coefficients similaires à ceux trouvés précédemment.

Quelques exemples de VTT en fonction de temps de référence du déplacement.

- VTT (pour un trajet de 15 min.) = 18,64 CHF/h
- VTT (pour un trajet de 30 min.) = 20,92 CHF/h
- VTT (pour un trajet de 60 min.) = 25,42 CHF/h
- VTT (pour un trajet de 90 min.) = 29,85 CHF/h

Ces valeurs semblent être un peu plus élevées que ce à quoi nous nous serions attendus (également par rapport aux valeurs trouvées pour le SP2).

10.3.3. SP1 – CHOIX MODAL

L'exercice SP1 comporte 10 designs de segments. Le tableau suivant présente les spécificités de chaque segment et le nombre de répondants au pré-test d'avril 2021 et à l'enquête principale.

Tableau 58 - Segments SP1 et nombre de réponses collectées

Design du segment	Modes	Classe de distance	Groupe d'attributs SP1	Nombre de réponses	
				Enquête principale	Pré-test d'avril
A	Marche vs. Vélo vs. TP	0 – 10 km	Groupe d'attributs 1	110	18
B	Marche vs. Vélo vs. TP	0 – 10 km	Groupe d'attributs 2	101	11
C	Marche vs. Voiture vs. TP	0 – 10 km	Groupe d'attributs 1	283	59
D	Marche vs. Voiture vs. TP	0 – 10 km	Groupe d'attributs 2	237	60
E	Vélo vs. Voiture vs. TP	0 – 10 km	Groupe d'attributs 1	496	84
F	Vélo vs. Voiture vs. TP	0 – 10 km	Groupe d'attributs 2	432	81
G	Voiture vs TP	10 -30 km	Groupe d'attributs 1	348	45
H	Voiture vs TP	≥ 30 km		226	38
I	Voiture vs TP	10 -30 km	Groupe d'attributs 2	343	52
J	Voiture vs TP	≥ 30 km		228	35
Total				2804	483

Et les groupes d'attributs sont :

Attributs présentés pour les usagers TIM du groupe d'attributs SP1 1 :

- Temps (à bord du véhicule)
- Coût de carburant
- Surcoût d'heure de pointe
- Risque de retard
- Durée du retard

Attributs présentés pour les usagers TIM du groupe d'attributs SP1 2 :

- Temps (à bord du véhicule)
- Temps (parking)
- Coût de carburant
- Surcoût d'heure de pointe
- Coût de parking

Attributs présentés pour les usagers TP du groupe d'attributs SP1 1 :

- Temps (à bord du véhicule)
- Prix du trajet (standard)
- Surcoût d'heure de pointe
- Nombre de correspondances
- Intervalle de temps entre deux véhicules (fréquence)
- Risque de retard
- Durée du retard

Attributs présentés pour les usagers TP du groupe d'attributs SP1 2 :

- Temps (à bord du véhicule)
- Temps de rabattement (temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt)
- Prix du trajet (standard)
- Surcoût d'heure de pointe
- Nombre de correspondances
- Charge de fréquentation

Les fonctions d'utilité ont été formulées de la manière suivante :

$$(9) U_{car} = \left(\beta_{CarCost_{60}} + \beta_{CarCost_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (CarCost + \alpha_{CarPH} \cdot CarPHCharge + \alpha_{CarParkCost} \cdot CarParkCost) + \left(\beta_{CarTime_{60}} + \beta_{CarTime_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (CarTime + \alpha_{CarParkTime} \cdot CarParkTime + \alpha_{CarDelayTime} \cdot CarDelayTime) + \beta_{CarDelayRisk} \cdot CarDelayRisk + ASC_{Car}$$

$$(10) U_{PT} = \left(\beta_{PTCost_{60}} + \beta_{PTCost_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (PTCost + \alpha_{PTPH} \cdot PTPHCharge) + \left(\beta_{PTTime_{60}} + \beta_{PTTime_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (PTTime + \alpha_{AccEgrTime} \cdot AccEgrTime + \alpha_{IntervTime} \cdot IntervTime + \alpha_{PTDelayTime} \cdot PTDelayTime) + \beta_{PTDelayRisk} \cdot PTDelayRisk + \beta_{Crowding} \cdot Crowding + \beta_{NumTransf} \cdot NumTransfers + ASC_{PT}$$

$$(11) U_{bike} = \beta_{BikeTime} \cdot BikeTime + ASC_{Bike}$$

$$(12) U_{walk} = \beta_{WalkTime} \cdot WalkTime + ASC_{Walk}$$

où ASC est la constante spécifique à l'alternative (« Alternative Specific Constant » en anglais). Pour toutes les utilités, nous avons appliqué des facteurs d'échelle pour les segments spécifiques (et en combinant les segments 1G+1H et 1I+1J) puisque les deux paires de segments ont les mêmes ensembles d'attributs.

Les autres paramètres sont de types déjà vus précédemment :

- Les coefficients « beta » sont relatifs à un attribut comme le temps, le coût, ...

- Les paramètres « alpha » sont des paramètres multiplicatifs qui permettent de mettre en évidence que deux attributs du même type (par ex. le temps de déplacement et le temps de stationnement, ou le coût du carburant et le coût d'un péage, ...) ne sont pas perçus de la même manière.

Nous avons estimé un modèle unique basé sur toutes les données SP de SP1, c'est-à-dire combinant les données de 10 designs de segments.

Pour l'alternative « TIM », BT est le temps de base lors de l'utilisation de la voiture pour le trajet de référence, tandis que pour l'alternative « TP », BT est le temps de base lors de l'utilisation des transports publics pour le trajet de référence.

Les coefficients résultants sont affichés dans le tableau suivant. Des remarques sur les valeurs des coefficients sont données dans la dernière colonne.

Tableau 59 - Coefficients estimés pour le modèle joint du SP1

Attribut	SP1-ABCDEFGHJIJ			
	Valeur	robust std err	robust t-test	
ASC_Car	0		constrained	
ASC_PT	-0.148	0.073	-2.035	
ASC_Bike	0.005	0.073	0.075	
ASC_Walk	1.597	0.217	7.350	
Alpha_Car_PH	0.562	0.131	-3.34 (par rapport à 1)	Faible, mais similaire à SP2
Alpha_Car_ParkCost	0.319	0.070	-9.73 (par rapport à 1)	Niveau étonnamment bas
Alpha_Car_DelayTime	3.491	0.604	4.12 (par rapport à 1)	Bien supérieur à 1, comme attendu
Alpha_Car_ParkTime	0.467	0.243	-2.19 (par rapport à 1)	Niveau plus bas qu'attendu, mais à peine significatif
Alpha_PT_PH	0.091	0.104	-8.74 (par rapport à 1)	Niveau étonnamment bas contrairement à SP3
Alpha_PT_DelayTime	5.223	0.761	5.55 (par rapport à 1)	Bien supérieur à 1, comme attendu
Alpha_PT_IntervTime	0.425	0.068	-8.46 (par rapport à 1)	Faible, mais similaire à SP3
Alpha_PT_AccEgrTime	1.504	0.156	3.23 (par rapport à 1)	Comme prévu
Beta_Car_Cost_60	-0.101	0.018	-5.495	
Beta_Car_Cost_d	-0.732	0.316	-2.314	
Beta_Car_Time_60	-0.032	0.004	-7.220	
Beta_Car_Time_d	0.066	0.024	2.773	Positif, mais ce n'est pas un problème
Beta_Car_DelayRisk	-0.001	0.002	-0.289	Non significatif
Beta_PT_Cost_60	-0.103	0.015	-6.702	
Beta_PT_Cost_d	-3.915	0.625	-6.268	
Beta_PT_Time_60	-0.027	0.004	-7.020	
Beta_PT_Time_d	0.421	0.076	5.555	Positif, mais ce n'est pas un problème
Beta_PT_Crowding	-0.021	0.017	-1.225	Non significatif
Beta_PT_DelayRisk	-0.004	0.003	-1.401	Non significatif
Beta_PT_Transfers	-0.104	0.024	-4.279	
Beta_Bike_Time	-0.053	0.007	-7.936	
Beta_Walk_Time	-0.080	0.010	-8.366	
Sc_SP1A	0.654		contraint	
Sc_SP1B	1.345	0.203	1.7 (par rapport à 1)	Non significatif
Sc_SP1C	1.360	0.175	2.06 (par rapport à 1)	
Sc_SP1D	1.481	0.196	2.45 (par rapport à 1)	
Sc_SP1E	1.942	0.259	3.64 (par rapport à 1)	
Sc_SP1F	1.752	0.235	3.2 (par rapport à 1)	
Sc_SP1GH	1.024	0.147	0.16 (par rapport à 1)	Non significatif
Sc_SP1IJ	1.034	0.146	0.23 (par rapport à 1)	Non significatif

A partir de ces résultats nous pouvons estimer certaines valeurs de temps :

Tableau 60 - Valeurs de temps (CHF/h) par mode en fonction du temps de référence, pour le modèle joint SP1

Temps de référence	15 min.	30 min.	60 min.	90 min.
TIM	12.51	16.38	19.01	20.03
TP	1.19	7.13	15.73	21.67

Notons la très faible valeur de temps pour les trajets courts en transports publics. Cette valeur n'est pas très plausible (une valeur plausible serait une valeur inférieure à 7,13 CHF/h, mais pas aussi faible), mais elle est probablement aussi incertaine (c'est-à-dire que l'intervalle de confiance est probablement très large). Cela devrait s'améliorer lorsqu'un modèle conjoint sera estimé sur toutes les données.

10.3.4. SP4 – CHOIX DE L'HEURE DE DÉPART

L'exercice SP4 comporte 6 designs de segments. Le tableau suivant montre les spécificités de chacun de ces segments et le nombre de répondants pour le pré-test d'avril 2021 et l'enquête principale :

Tableau 61 - Segments SP4 et nombre de réponses collectées

Design du segment	Mode actuel	Modes SP	Classes de distance	Groupe d'attributs	Nombre de réponses	
					Enquête principale	Pré-test d'avril
A	TIM	TIM vs TIM vs. TP	0 – 10 km	Groupe d'attributs 1	258	34
B		TIM vs. TIM vs. TP	10 – 30 km		196	30
C		TIM vs. TIM vs. TP	≥ 30 km		102	18
D	TP	TP vs. TP vs. TIM	0 – 10 km	Groupe d'attributs 2	93	10
E		TP vs. TP vs. TIM	10 – 30 km		83	8
F		TP vs. TP vs. TIM	≥ 30 km		110	8
Total					842	108

Les attributs des différents segments sont les suivants :

Attributs présentés pour les usagers TIM (segments A, B et C) :

- TIM
 - o Heure de départ
 - o Coût du carburant
 - o Surcoût d'heure de pointe
 - o Temps de trajet
- TP
 - o Heure de départ
 - o Coût du carburant
 - o Surcoût d'heure de pointe
 - o Temps de trajet

Attributs présentés pour les usagers TP (segments D, E et F) :

- TIM
 - o Heure de départ
 - o Coût du carburant
 - o Surcoût d'heure de pointe
 - o Temps de trajet
- TP
 - o Heure de départ
 - o Coût du carburant
 - o Surcoût d'heure de pointe
 - o Temps de trajet
 - o Charge de fréquentation
 - o Nombre de correspondances

Les fonctions d'utilité ont été formulées de la manière suivante, où Ucar est l'utilité pour le mode TIM et U_{PT}, l'utilité pour le mode TP, qu'il s'agisse des options avec l'heure de départ décalée ou non (voir section 4.4.2 pour le design de l'exercice SP4) :

$$\begin{aligned}
(13) U_{car} = & \left(\beta_{CarCost_{60}} + \beta_{CarCost_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (CarCost + \alpha_{CarPH} \cdot CarPHCharge) & + \\
& \left(\beta_{CarTime_{60}} + \beta_{CarTime_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot CarTime & + \\
& \beta_{car-TOD1} \cdot \delta_{Car-TODinPeriod1} & + \\
& \dots & + \\
& \beta_{car-TODN} \cdot \delta_{Car-TODinPeriodN} & + \\
ASC_{Car} & &
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(14) U_{PT} = & \left(\beta_{PTCost_{60}} + \beta_{PTCost_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (PTCost + \alpha_{PTPH} \cdot PTPHCharge) & + \\
& \left(\beta_{PTTime_{60}} + \beta_{PTTime_d} \cdot \left(\frac{1}{BT} - \frac{1}{60} \right) \right) \cdot (PTTime + \alpha_{AccEgrTime} \cdot AccEgrTime & + \\
& & + \alpha_{IntervTime} \cdot IntervTime \\
& & + \alpha_{PTDelayTime} \cdot PTDelayTime) & + \\
& \beta_{Crowding} \cdot Crowding & + \\
& \beta_{NumTransf} \cdot NumTransfers & + \\
& \beta_{PT-TOD1} \cdot \delta_{PT-TODinPeriod1} & + \\
& \dots & + \\
& \beta_{PT-TODN} \cdot \delta_{PT-TODinPeriodN} & + \\
ASC_{PT} & &
\end{aligned}$$

Nous avons utilisé 9 périodes horaires sur une journée, qui sont indiquées dans le tableau suivant (montrant également le nombre de réponses pour chaque période, sur l'ensemble de données SP4).

Tableau 62 - Périodes horaires et nombre de réponses correspondants

Période horaire	TIM	TP	Ensemble
4:00 - 6:00	136	246	382
6:00 - 7:00	1076	1428	2504
7:00 - 8:00	2041	2130	4171
8:00 - 9:00	1261	1224	2485
9:00 - 15:00	247	217	464
15:00 - 16:00	419	320	739
16:00 - 17:00	895	722	1617
17:00 - 18:00	905	730	1635
18:00 - 20:00	676	555	1231
Total	7656	7572	15228

Nous avons estimé un modèle unique basé sur toutes les données SP du SP4 des usagers TIM, ayant le groupe d'attribut 1, en combinant donc les données des segments A à C. Nous avons fait de même pour les usagers TP, ayant le groupe d'attributs 2 (segments D à F). Enfin, nous avons estimé un modèle combiné. Pour mieux pouvoir comparer ces modèles, nous présentons les coefficients dans un seul tableau :

Tableau 63 - Coefficients estimés pour les segments SP4 des groupes d'attributs 1 et 2, ainsi que du modèle joint SP4

Attribute	SP4-ABC			SP4-DEF			SP4-ABCDE		
	Value	robust std err	robust t-test	Value	robust std err	robust t-test	Value	robust std err	robust t-test
ASC_Car	0		contraint	0		contraint	0		contraint
ASC_PT (for car-users)	-0.168	0.246	-0.682				-0.646	0.332	-1.946
ASC_PT (for PT-users)				0.889	0.317	2.806	3.151	0.701	4.496
Alpha_Car_PH	0.125	0.131	0.955	0.558	0.292	1.910	0.374	0.544	-1.15 (par rapport à 1)
Alpha_PT_PH	0.691	0.143	4.837	0.674	0.227	2.972	0.837	0.166	-0.98 (par rapport à 1)
Beta_Car_Cost_60	-0.270	0.148	-1.821	-0.113	0.032	-3.516	-0.140	0.162	-0.865
Beta_Car_Cost_d	3.584	4.221	0.849	-1.965	1.312	-1.498	4.855	1.839	2.641
Beta_Car_Time_60	-0.066	0.006	-11.291	-0.039	0.006	-6.517	-0.067	0.006	-11.060
Beta_Car_Time_d	0.184	0.149	1.235	0.348	0.205	1.697	0.083	0.244	0.339
Beta_PT_Cost_60	-0.226	0.060	-3.784	-0.087	0.024	-3.565	-0.141	0.058	-2.405
Beta_PT_Cost_d	-1.673	1.142	-1.464	-4.057	1.820	-2.230	-1.543	1.111	-1.389
Beta_PT_Time_60	-0.056	0.013	-4.322	-0.029	0.005	-5.454	-0.048	0.009	-5.321
Beta_PT_Time_d	0.668	0.453	1.475	0.382	0.457	0.836	0.573	0.366	1.565
Beta_PT_Crowding				-0.080	0.056	-1.414	-0.294	0.118	-2.493
Beta_PT_Transfers				-0.254	0.048	-5.298	-0.451	0.133	-3.400
Beta_Car_ToD_400_600	-2.044	0.254	-8.046	-1.310	0.475	-2.760	-2.149	0.254	-8.462
Beta_Car_ToD_600_700	-0.343	0.083	-4.139	-0.322	0.183	-1.764	-0.347	0.083	-4.159
Beta_Car_ToD_700_800			contraint			contraint			contraint
Beta_Car_ToD_800_900	-0.067	0.084	-0.800	-0.391	0.236	-1.655	-0.071	0.083	-0.859
Beta_Car_ToD_900_1500	-0.315	0.165	-1.908	-0.342	0.573	-0.597	-0.312	0.177	-1.761
Beta_Car_ToD_1500_1600	-0.215	0.158	-1.364	0.237	0.451	0.526	-0.182	0.156	-1.171
Beta_Car_ToD_1600_1700	-0.197	0.140	-1.402	-0.128	0.364	-0.352	-0.190	0.139	-1.365
Beta_Car_ToD_1700_1800	0.041	0.146	0.281	-0.059	0.401	-0.147	0.027	0.147	0.183
Beta_Car_ToD_1800_2000	0.017	0.181	0.094	-0.685	0.449	-1.525	-0.043	0.184	-0.231
Beta_PT_ToD_400_600	-1.030	1.174	-0.877	-0.791	0.203	-3.892	-1.784	0.449	-3.971
Beta_PT_ToD_600_700	-0.568	0.241	-2.353	-0.253	0.118	-2.152	-0.608	0.179	-3.395
Beta_PT_ToD_700_800			contraint			contraint			contraint
Beta_PT_ToD_800_900	-1.246	0.246	-5.061	-0.441	0.302	-1.463	-0.919	0.233	-3.938
Beta_PT_ToD_900_1500	-1.248	0.892	-1.400	0.160	0.334	0.479	-1.264	0.548	-2.307
Beta_PT_ToD_1500_1600	-0.581	0.354	-1.640	-0.208	0.293	-0.709	-0.423	0.310	-1.364
Beta_PT_ToD_1600_1700	-1.029	0.302	-3.409	0.056	0.3	0.174	-0.932	0.254	-3.673
Beta_PT_ToD_1700_1800	-0.463	0.243	-1.902	-0.400	0.381	-1.051	-0.307	0.220	-1.393
Beta_PT_ToD_1800_2000	0.352	0.249	1.414	-0.441	0.302	-1.463	0.326	0.240	1.358
Sc_SP4ABC									contraint
Sc_SP4DEF							0.444	0.107	-5.2 (par rapport à 1)

En général, tous les coefficients semblent avoir des valeurs plausibles et/ou cohérentes avec les valeurs trouvées dans les autres expériences. La seule exception est le coefficient de coût de la voiture. La

dépendance au temps de référence est très forte, ce qui se traduit par un coefficient de coût positif pour un temps de référence de 15 minutes. Il en résulte également une valeur de temps négative, comme on peut le voir dans le tableau suivant. Ce problème sera probablement résolu lorsqu'une meilleure formulation de fonction de dépendance au temps de référence (ou de la distance) sera trouvée et/ou en estimant un modèle combiné avec les données d'autres exercices SP.

Tableau 64 - Valeurs de temps (CHF/h) par mode en fonction du temps de référence, pour le modèle joint SP4

Temps de référence	15 min.	30 min.	60 min.	90 min.
TIM	-36.70	66.63	28.71	24.24
PT	5.32	13.84	20.43	23.19

10.3.5. MODÈLE JOINT

Dans la dernière étape, nous estimons un modèle joint sur toutes les données, en appliquant des facteurs d'échelle où c'est nécessaire. Ce modèle utilise les mêmes fonctions d'utilité que celles décrites dans les paragraphes précédents. Par ailleurs, les coefficients non significatifs des facteurs d'échelle ne sont pas supprimés⁵².

Les coefficients résultants sont affichés dans le tableau ci-dessous. Quelques remarques ont été faites dans la dernière colonne. De ce tableau, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- Tous les coefficients qui devaient être significatifs le sont en effet, à une exception près : nous n'avons pas pu estimer un coefficient significatif sur le risque de retard pour les trajets en voiture.
- Tous les coefficients significatifs ont les signes attendus. Les principaux coefficients de temps et de coût ont des t-ratios similaires, ils ont donc été estimés avec une précision relative similaire.
- Quatre facteurs présentent des valeurs étonnamment faibles (pour le coût du stationnement en voiture, le temps de stationnement en voiture, l'intervalle de temps entre deux véhicules pour les transports publics et le temps de correspondance des transport publics). Les coefficients du coût et de la durée de stationnement ont été estimés uniquement à partir des données sur le choix du mode de transport, ce qui rend plus difficile l'obtention de leurs valeurs. Si une estimation plus élaborée aboutit toujours à ces faibles valeurs, nous pouvons envisager de les contraindre à 1⁵³. Le coefficient propre à la fréquence (l'intervalle de temps entre deux véhicules) des transports publics nécessite une approche différente (fonction différente, éventuellement sans être un facteur multiplicatif au temps de trajet). En ce qui concerne le coefficient du temps de correspondance dans les transports publics, il est probable qu'une forme non-linéaire permette de résoudre ce problème.

⁵² Il n'est pas toujours clair, dans l'estimation de modèles, si des facteurs d'échelle qui ne sont pas significativement différents de 1 doivent être contraints à être égal à 1 ou doivent être conservés tels quels. Au stade actuel de modèles préliminaires, nous n'avons pas mené une analyse détaillée de ce que devrait être la meilleure approche et nous avons laissé les facteurs d'échelle non significatifs tels quels.

⁵³ C'est-à-dire imposer que le coefficient du coût de stationnement est identique au coefficient du coût du trajet routier et imposer que le coefficient du temps de stationnement est identique au coefficient du temps de trajet routier.

- Les valeurs du temps semblent déjà très raisonnables sur la base de ces estimations préliminaires. Ces valeurs devraient encore s'améliorer (c'est-à-dire se rapprocher de valeurs plus attendues) au cours des estimations plus élaborées. Dans cette estimation, nous pouvons envisager de fusionner les coefficients de coût qui sont actuellement estimés séparément pour la voiture et les transports publics.

Tableau 65 - Valeurs de temps (CHF/h) par mode en fonction du temps de référence, pour le modèle joint sur tous les exercices SP (1 à 4)

Temps de référence	15 min.	30 min.	60 min.	90 min.
TIM	14.34	18.66	23.66	26.47
TP	10.96	17.00	26.32	33.16

- Dans l'ensemble, il semble que les exercices SP aient bien fonctionné et que les données soient adaptées à des estimations de modèles plus avancées.

Tableau 66 - Coefficients estimés pour le modèle joint sur tous les exercices SP (1 à 4) – partie 1

Attributs	Modèle joint SP1-SP2-SP3-SP4			
	Valeur	robust std err	robust t-test	
ASC_Car	0		contraint	
ASC_PT (user active mode)	-1.170	0.143	-8.166	
ASC_PT (car user)	-1.004	0.129	-7.774	
ASC_PT (PT user)	1.150	0.127	9.059	
ASC_Bike	-0.578	0.097	-5.938	
ASC_Walk	1.320	0.160	8.251	
Alpha_Car_PH	0.726	0.050	-5.48 (par rapport à 1)	Faible, mais similaire à SP2
Alpha_Car_ParkCost	0.336	0.041	-16.2 (par rapport à 1)	Niveau étonnamment bas
Alpha_Car_DelayTime	3.148	0.379	5.67 (par rapport à 1)	Bien supérieur à 1, comme prévu
Alpha_Car_ParkTime	0.643	0.156	-2.29 (par rapport à 1)	Niveau étonnamment bas
Alpha_PT_PH	1.065	0.085	0.76 (par rapport à 1)	Environ 1, comme prévu
Alpha_PT_DelayTime	5.376	0.559	7.83 (par rapport à 1)	Bien supérieur à 1, comme prévu
Alpha_PT_IntervTime	0.270	0.043	-16.98 (par rapport à 1)	Niveau étonnamment bas, mais similaire à SP3
Alpha_PT_AccEgrTime	1.289	0.101	2.86 (par rapport à 1)	Comme prévu
Alpha_PT_TransferTime	0.240	0.139	-5.47 (par rapport à 1)	Niveau étonnamment bas, mais similaire à SP3
Beta_Car_Cost_60	-0.071	0.008	-9.269	Non significatif
Beta_Car_Cost_d	-1.864	0.213	-8.771	
Beta_Car_Time_60	-0.028	0.003	-9.381	
Beta_Car_Time_d	-0.225	0.029	-7.716	
Beta_Car_DelayRisk	0.000	0.003	0.085	
Beta_PT_Cost_60	-0.057	0.006	-9.180	
Beta_PT_Cost_d	-2.374	0.305	-7.776	
Beta_PT_Time_60	-0.025	0.003	-9.942	
Beta_PT_Time_d	-0.142	0.057	-2.500	
Beta_PT_Crowding	-0.105	0.017	-6.040	
Beta_PT_DelayRisk	-0.011	0.004	-2.790	
Beta_PT_Transfers	-0.101	0.018	-5.699	
Beta_Bike_Time	-0.051	0.005	-9.471	
Beta_Walk_Time	-0.092	0.008	-11.280	

Tableau 67 - Coefficients estimés pour le modèle joint sur tous les exercices SP (1 à 4) – partie 2

Attributs	Modèle joint SP1-SP2-SP3-SP4			
	Valeur	robust std err	robust t-test	
Beta_Car_ToD_400_600	-1.402	0.216	-6.483	Les répondants n'aiment pas voyager très tôt
Beta_Car_ToD_600_700	-0.210	0.062	-3.406	Préfèrent continuer de voyager aux heures de pointe
Beta_Car_ToD_700_800	0		contraint	
Beta_Car_ToD_800_900	-0.057	0.061	-0.930	Préfèrent continuer de voyager aux heures de pointe
Beta_Car_ToD_900_1500	-0.275	0.122	-2.250	
Beta_Car_ToD_1500_1600	-0.118	0.113	-1.045	
Beta_Car_ToD_1600_1700	-0.106	0.099	-1.063	
Beta_Car_ToD_1700_1800	0.042	0.104	0.405	Préfèrent continuer de voyager aux heures de pointe
Beta_Car_ToD_1800_2000	-0.032	0.129	-0.251	Préfèrent se déplacer plus tard
Beta_PT_ToD_400_600	-1.158	0.217	-5.337	Les répondants n'aiment pas voyager très tôt
Beta_PT_ToD_600_700	-0.497	0.103	-4.808	Préfèrent continuer de voyager aux heures de pointe
Beta_PT_ToD_700_800	0		contraint	
Beta_PT_ToD_800_900	-0.513	0.118	-4.355	
Beta_PT_ToD_900_1500	-0.675	0.250	-2.704	
Beta_PT_ToD_1500_1600	-0.225	0.186	-1.208	
Beta_PT_ToD_1600_1700	-0.546	0.159	-3.435	Préfèrent continuer de voyager aux heures de pointe
Beta_PT_ToD_1700_1800	-0.112	0.143	-0.787	
Beta_PT_ToD_1800_2000	0.284	0.170	1.673	Préfèrent se déplacer plus tard
Sc_SP1	1		contraint	Non significatif
Sc_SP1B	1.025	0.124	0.20 (par rapport à 1)	
Sc_SP1C	0.949	0.092	-0.55 (par rapport à 1)	
Sc_SP1D	1.096	0.108	0.89 (par rapport à 1)	
Sc_SP1E	1.425	0.137	3.10 (par rapport à 1)	
Sc_SP1F	1.185	0.116	1.59 (par rapport à 1)	
Sc_SP1GH	1.256	0.126	2.03 (par rapport à 1)	
Sc_SP1IJ	1.238	0.123	1.93 (par rapport à 1)	
Sc_SP2	3.759	0.454	6.08 (par rapport à 1)	
Sc_SP2DEF	1.128	0.079	1.62 (par rapport à 1)	
Sc_SP3	1.656	0.267	2.46 (par rapport à 1)	
Sc_SP3DEF	1.212	0.218	0.97 (par rapport à 1)	
Sc_SP3GHI	1.032	0.180	0.18 (par rapport à 1)	
Sc_SP3JKL	1.123	0.196	0.63 (par rapport à 1)	
Sc_SP4	1.328	0.139	2.36 (par rapport à 1)	
Sc_SP4DEF	0.692	0.061	-5.05 (par rapport à 1)	

11. ANNEXE 1 - QUESTIONNAIRES

11.1. Questionnaire RP du premier pré-test

11.1.1. INTRODUCTION

Texte qui sera affiché en début d'enquête.

Cette enquête est réalisée pour le compte de l'Office fédéral du développement territorial ([ARE](#)) par le bureau d'études [Stratec](#). L'objectif de cette enquête est d'évaluer les préférences en matière de transports.

L'enquête se déroule en deux parties. Dans la première partie, nous vous posons des questions sur vos habitudes de mobilité et sur un déplacement en particulier. Les informations recueillies seront utilisées dans la deuxième partie, qui est personnalisée. Dans cette deuxième partie, nous vous présenterons des scénarios, dans lesquels nous vous demanderons de choisir entre plusieurs options.

Le questionnaire qui suit ne vous prendra pas plus de 5 minutes.

Texte à mettre en plus petit.

Stratec s'engage à respecter le caractère confidentiel des données qui sont récoltées. Pour plus d'informations, vous trouverez [ici](#) la politique de confidentialité que Stratec s'engage à respecter.

En poursuivant l'enquête (cliquez sur « suivant »), vous marquez explicitement votre accord pour le traitement de vos données selon la politique de confidentialité de Stratec.

La deuxième partie de l'enquête vous sera envoyée par e-mail. À cette fin, pouvez-vous nous fournir votre adresse e-mail ?

- Adresse e-mail :

11.1.2. CARACTERISTIQUES PERSONNELLES

Ces premières questions visent à mieux vous connaître.

Q1. Vous êtes : [Cocher]

- Une femme
- Un homme

Q2. Quel âge avez-vous ? ... ans

Q3. Quelle est votre profession ou votre activité ?

- Indépendant(e)
- Salarié(e)
- Apprenti(e)
- A la recherche d'un emploi

- En formation (p.ex. étudiant, écolier)
- A la retraite ou à la retraite anticipée
- Invalide (p.ex. rente AI)
- Homme ou femme au foyer
- Autre : ...

Q4. Votre ménage dispose-t-il d'une ou de plusieurs voitures* ?

- Oui, au moins une
- Non

*comprend les voitures personnelles et les voitures de société.

Q5. Disposez-vous actuellement d'un ou de plusieurs abonnements pour les transports publics ?

- Non
- Oui

Q6. Si oui, précisez le (ou les) type(s) d'abonnement.

- abonnement général (AG; valable pour toute la Suisse)
- abonnement demi-tarif
- abonnement communautaire, abonnement modulable
- abonnement de parcours
- seven 25, voie 7
- carte junior, carte petits-enfants
- autre abonnement : ...

Si Q5 = « abonnement général » ou « abonnement communautaire » ou « abonnement de parcours » :

Q7. Disposez-vous d'un (ou de plusieurs) abonnement(s) de 1re ou de 2e classe ?

- 1re classe
- 2e classe

11.1.3. DESCRIPTION D'UN DEPLACEMENT RECENT

Pourriez-vous nous décrire un déplacement [*motif : pour le travail, vers votre lieu d'étude, pour motif professionnel, pour vos loisirs, pour vos achats**] que vous avez effectué en transports publics, en voiture, à vélo ou à pied.

Si vous avez effectué plusieurs déplacements de ce type au cours du mois écoulé, choisissez-en un, le plus représentatif de votre quotidien, ou le plus récent.

**Pour les étudiants, le motif indiqué est « vers votre lieu d'étude ». Pour les retraités et les demandeurs d'emploi, le motif indiqué est « pour vos loisirs ». Pour les travailleurs, le motif affiché dépend d'une règle introduite dans le programme informatique qui permet de faire varier le motif enquêté en fonction du dernier chiffre de l'année de naissance du répondant.*

- Pour le travail : 0, 3, 6, 9
- Pour vos loisirs : 1, 4, 7

- Pour vos achats : 2, 5, 8

Q8. Quelle était l'adresse de votre lieu départ ?

- Rue :
- Numéro :
- Ville :
- Code postal :
- Si adresse inconnue, merci de donner une indication la plus précise possible (ex : nom de magasin, ...)

Q9. Quelle était l'adresse de votre destination ?

- Rue :
- Numéro :
- Ville :
- Code postal :
- Si adresse inconnue, merci de donner une indication la plus précise possible (ex : nom de magasin, ...)

Q10. Quel est le moyen de transport principal que vous avez utilisé pour ce déplacement ?

- Voiture (conducteur ou passager)
- Transport public
- Vélo
- Marche

Si Q10 = Voiture :

Q11. Combien de personnes se trouvaient dans la voiture (vous inclus/e) ? ... personne(s)

Si Q10 = Transport public :

Q12. Quel type de transports publics avez-vous pris (le transport principal, si vous avez pris plusieurs transport) ? (Transport principal = celui dans lequel vous êtes resté le plus longtemps)

- Tram/métro
- Bus, car postal, bus scolaire
- Train régional
- Train grande ligne (InterCity, InterRegion)
- Autre : ...

Q13. En quelle classe avez-vous voyagé ?

- 1re classe
- 2e classe

Q14. Quelle a été votre heure de départ ? hh:mm

Q15. Quelle a été votre heure d'arrivée ? hh:mm

Q16. Quel jour de la semaine avez-vous effectué ce déplacement ?

- Un jour de la semaine (du lundi au vendredi)
- Samedi
- Dimanche

Un grand merci pour le temps que vous avez consacré à ce questionnaire !

Nous vous enverrons rapidement la seconde partie du questionnaire.

Un e-mail de confirmation est envoyé aux répondants qui complètent le questionnaire.

Bonjour,

Ce message vous confirme que vous avez complété le questionnaire intitulé « Enquête sur les préférences en matière de transports » et que votre réponse a été enregistrée. Merci pour votre participation.

Si vous avez des questions à propos de ce message, veuillez contacter Antonin Danalet à l'adresse Antonin.Danalet@are.admin.ch

Vous recevrez la deuxième partie du questionnaire pendant le mois d'octobre.

Cordialement,

Antonin Danalet.

11.2. Questionnaire SP du premier pré-test

11.2.1. PRINCIPES GENERAUX

11.2.1.A. CATEGORIES DU TEXTE ET LEUR CODE COULEUR

Texte en gris : Texte invariable toujours présent dans le questionnaire

Texte en rouge : Remarques explicatives

Texte en vert : Éléments variables à choisir parmi les différents éléments proposés (enlever les éléments non nécessaires)

Texte en violet : Éléments variables à remplacer (choisir la valeur ou le texte correct)

Texte en violet souligné : Éléments variables à remplacer pour lesquels il faut se référer à l'Excel

 : Boutons info

Champs en bleu clair : Valeurs à choisir/rentrer par le répondant (liste déroulante ou champ d'entrée)

email@boitemail.com : lien hyperlink

11.2.1.B. ATTRIBUTION DES EXERCICES SP (CHAPITRES 3, 4, 5 ET 6)

*Chaque exercice SP (SP1, SP2, SP3 et SP4) sont à présenter au répondant uniquement si certains attributs de ces SP comportent des valeurs (cellules **vides** dans le fichier Excel fourni). Autrement-dit, si aucun attribut d'un SP ne comporte des valeurs, alors l'exercice SP ne doit pas être présenté au répondant. Il est suffisant de vérifier la présence d'attribut pour une seule question (si une question a tous les attributs vides alors toutes les autres questions aussi). Il est aussi possible de se référer à l'onglet « Types de Questionnaires » où sont indiqués les exercices SP à présenter selon le type de questionnaire (fbtyp).*

11.2.1.C. SOUS-PARTIES DES EXERCICES SP

Chaque sous-partie correspond à un nouvel écran dans le questionnaire en ligne.

11.2.2. LETTRE DE CONTACT

Texte qui sera affiché dans le mail pour l'enquête sur internet et qui sera imprimé sur une page comme lettre de contact pour les enquêtes envoyées par la poste.

Madame,

Lors de votre participation à l'enquête téléphonique « Microrecensement mobilité et transports », vous avez également accepté de répondre en ligne à « l'Enquête de préférences déclarées sur les comportements de mobilité » menée par l'Office fédéral du développement territorial ([ARE](#)). Nous vous en remercions vivement. Cette enquête cherche à comprendre quelles sont vos préférences en matière de mobilité pour évaluer au mieux les futurs projets d'infrastructure et prédire correctement l'évolution des flux de trafic.

Une des mesures envisagées pour réduire les goulets d'étranglement du réseau de transport et faire baisser les surcharges de trafic sur la route et le rail est l'application d'un surcoût, tant pour le transport individuel que pour les transports publics. Il s'agirait d'un surcoût par kilomètre parcouru, qui varierait en fonction de la zone où l'on se déplace (zone fortement ou peu congestionnée) et en fonction de l'heure (heure de pointe ou heure creuse). Les usagers paieraient donc plus cher pendant les heures de pointe et moins cher en dehors, tant pour le transport individuel que pour les transports publics.

Le surcoût respecterait le principe de compensation : Si on introduit ce surcoût, d'autres coûts devraient diminuer, de sorte que la recette totale n'augmenterait pas, ni la recette totale des taxes routières et du surcoût aux heures de pointe pour le transport individuel motorisé, ni la recette totale des transports publics.

Le respect des dispositions relatives à la protection des données est bien sûr garanti. Vos réponses seront traitées dans la plus stricte confidentialité et vos données personnelles ne seront pas publiées. Nous ne publierons que des résultats agrégés et anonymisés. L'équipe du projet se tient à votre

disposition, au numéro 058 462 49 98 ou par courriel à l'adresse <mailto:enquete@are.admin.ch>, pour répondre à vos éventuelles questions sur cette enquête ou sur la protection des données.

Salutations sur internet :

Le questionnaire suivant vous prendra environ 15 minutes.

Pour accéder au questionnaire, cliquez sur le lien suivant : [enquête](#)

Merci d'avance pour votre collaboration !

Salutations dans la lettre:

Vous trouverez, ci-joint, votre questionnaire individuel incluant des informations détaillées sur la manière de le remplir. Il vous prendra environ 15 minutes. Ensuite, nous vous prions de bien vouloir le renvoyer, avant le **X.X 2020** à l'institut LINK chargé du déroulement de l'enquête, dans l'enveloppe-réponse préaffranchie.

En vous remerciant par avance de participer à cette enquête, nous vous adressons, Madame, nos salutations les meilleures.

11.2.3. SP1 - CHOIX D'UN MOYEN DE TRANSPORT

Chaque exercice SP (SP1, SP2, SP3 et SP4) sont à présenter au répondant uniquement si certains attributs de ces SP comportent des valeurs (cellules **vides** dans le fichier Excel fourni). Autrement-dit, si aucun attribut d'un SP ne comporte des valeurs, alors l'exercice SP ne doit pas être présenté au répondant. Il est suffisant de vérifier la présence d'attribut pour une seule question (si une question a tous les attributs vides alors toutes les autres questions aussi). Il est aussi possible de se référer à l'onglet « Types de Questionnaires » où sont indiqués les exercices SP à présenter selon le type de questionnaire (fbtyp).

11.2.3.A. PRESENTATION DE L'EXERCICE SP 1.

Chaque sous-partie correspond à un nouvel écran dans le questionnaire en ligne.

CHOIX D'UN MOYEN DE TRANSPORT

Cette partie du questionnaire concerne le **choix d'un moyen de transport** pour un déplacement que vous avez décrit lors de l'enquête sur internet. Il s'agit ici du déplacement pour vos loisirs de Berne à Le Locle effectué en voiture le samedi 24.06.2015.

Dans les pages qui suivent, nous vous présentons **3** moyens de transport pour ce déplacement. Les moyens de transport à votre disposition se distinguent par les caractéristiques suivantes :

Les caractéristiques présentées ci-dessous sont uniquement celles qui seront affichées au répondant dans les alternatives de choix de cet exercice SP. Les attributs pour lesquels le plan d'expérience ne fournit pas de valeur (cellule vide) ne sont pas affichés au répondant et ne doivent donc pas figurer ici non plus.

- le temps nécessaire au déplacement
- le coût du déplacement, qui comprend un « surcoût de base » et un « surcoût d'heures de pointe » (*uniquement pour les répondants qui ont cet attribut (cellule correspondante non-vide)*) ; le prix des transports publics est un prix par personne, tandis que le coût pour la voiture est un coût par voiture
- pour les transports publics, le nombre de changements, la fréquence de la liaison (toutes les x minutes) (*uniquement pour les questionnaires du groupe 1*) et la charge de fréquentation (*uniquement pour les questionnaires du groupe 2*) (questionnaire papier : (voir les illustrations à la fin du questionnaire) / questionnaire internet : les illustrations sont affichées sur demande en cliquant sur un bouton info – ici et au début de chaque question) :
- la proportion de déplacements pour lesquels il y a un retard, et la durée de ce retard (*cette mention est à mettre uniquement pour les questionnaires du groupe 1*).

Questionnaire papier : la définition suivante est inscrite ici dans un encadré :

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

Questionnaire internet : la définition du surcoût de base est ajoutée à la fin de chaque question.

Les situations présentées sont fictives. Les valeurs indiquées dans les tableaux ont été calculées par ordinateur et, dans certains cas, elles sont différentes des valeurs réelles indiquées pour votre déplacement et des solutions de rechange actuellement à votre disposition. Nous vous prions néanmoins de vous imaginer que les solutions de rechange présentées ici sont effectivement à votre disposition.

Dans chaque situation, veuillez comparer soigneusement les caractéristiques des différents moyens de transport et choisir chaque fois un seul de ces moyens pour votre déplacement pour vos loisirs de Berne à Le Locle.

Les attributs présentés ci-dessous sont les Valeurs Fixes SP1. Ils doivent figurer uniquement si le plan d'expérience fournit une valeur aux attributs correspondants dans l'Excel.

Pour tous les scénarios qui suivent, supposez que :

Pour la voiture :

- le temps de stationnement est de 5 minutes
- le coût du stationnement est 2 CHF

Pour les transports publics :

- le temps à bord comprend le temps aux changements
- le temps de marche jusqu'à/à partir de l'arrêt est de 5 minutes
- la charge de fréquentation est faible
- il y a une liaison toutes les 5 minutes
- tous les 20 trajets il y a un retard d'une durée de 5 minutes

11.2.3.B. QUESTION 1, 2, 3, 4, 5, 6

Veuillez (version papier :) cocher () la case correspondant au (version internet :) sélectionner le moyen de transport que vous choisiriez.

Pour les déplacements domicile-travail ou professionnels (= Si « oui » dans la colonne « Domicile-Travail » dans l'Excel), on ajoute la remarque suivante au-dessus du tableau : Si votre employeur participe au financement de vos déplacements, supposez que les coûts proposés dans ce tableau représentent la partie à votre charge.

Si l'attribut « charge de fréquentation » est présent : Illustration pour la charge de fréquentation

Marche	Vélo	Voiture	Transports publics
Durée : <u>Xmin</u>	Durée : <u>Xmin</u> Durée en vélo électrique* : <u>Xmin</u>	Durée totale : <u>Xmin</u> - Temps de parcours : <u>Xmin</u>	Durée totale : <u>Xmin</u> - Temps à bord : <u>Xmin</u>

	- Temps de stationnement :	<u>Xmin</u>	- Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt :	<u>Xmin</u>
	Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>
	- Coût du carburant + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Prix du déplacement + surcoût de base :	<u>X CHF</u>
	- Coût du stationnement :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>
	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	Changement(s) :	<u>X</u>
	Un retard tous les :	<u>X trajets</u>	Une liaison toutes les :	<u>Xmin</u>
	Durée du retard :	<u>Xmin</u>	Charge de fréquentation :	<u>X</u>
			Un retard tous les :	<u>X trajets</u>
			Durée du retard :	<u>Xmin</u>
	* si vous en possédez un			

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

11.2.3.C. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES 1 - INTRO

Y a-t-il, dans les situations présentées précédemment, des caractéristiques qui vous paraissent plutôt peu importantes ou dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix ?

- Non, j'ai tout pris en compte
 Oui.

11.2.3.D. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – 1 (SI « OUI » AVANT)

(Questionnaire papier : Si oui, veuillez / questionnaire internet : Veuillez) cocher ci-dessous les caractéristiques dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix. Cette question ne s'affiche que si le répondant a sélectionné « oui » à la question précédente. Remarque : les attributs présentés dans le tableau ci-dessous sont uniquement ceux présentés précédemment dans le tableau du SP1. Il s'agit de questions à choix multiple, avec possibilité de laisser les champs vides.

Je n'ai pas pris en compte les caractéristiques suivantes :

- Vélo**
- Durée
 - Durée (en vélo électrique)
- Marche**
- Durée
- Voiture**
- Temps total
 - Temps de parcours
 - Temps de recherche d'une place de stationnement
 - Coût total
 - Coût du carburant + surcoût de base
 - Coût du stationnement
 - Surcoût aux heures de pointe

- Risque de retard
 - Durée du retard
- Transports publics**
- Temps total
 - Temps à bord
 - Trajet à pied jusqu'à et depuis l'arrêt
 - Coût total
 - Prix du déplacement + surcoût de base
 - Surcoût aux heures de pointe
 - Changement(s)
 - Fréquence de la liaison
 - Charge de fréquentation
 - Risque de retard
 - Durée du retard

11.2.4. SP2 - CHOIX D'UN ITINERAIRE EN VOITURE PRIVEE

11.2.4.A. PRESENTATION DE L'EXERCICE SP 2.

CHOIX D'UN ITINÉRAIRE EN VOITURE

Cette partie du questionnaire concerne le **choix d'un itinéraire** pour un déplacement que vous avez décrit lors de l'enquête téléphonique. Il s'agit ici du déplacement pour vos loisirs de Berne à Le Locle effectué en voiture le samedi 24.06.2015.

Dans les pages qui suivent, nous vous présentons plusieurs itinéraires pour ce déplacement. Les différentes solutions à disposition se distinguent par les caractéristiques suivantes :

Les caractéristiques présentées ci-dessous sont uniquement celles qui seront affichés au répondant dans les alternatives de choix de cet exercice SP. Les attributs pour lesquels le plan d'expérience ne fournit pas de valeur (cellule vide) ne sont pas affichés au répondant et ne doivent donc pas figurer ici non plus.

- le temps nécessaire au parcours ;
- le coût du déplacement, comprenant le coût du carburant + le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe (pour les répondants ayant l'attribut « surcoût aux heures de pointe »).
- le coût du carburant + le surcoût de base (pour les répondants n'ayant pas l'attribut « surcoût aux heures de pointe »).

Les situations présentées sont fictives. Les valeurs indiquées dans les tableaux ont été calculées par ordinateur et, dans certains cas, sont différentes des valeurs réelles indiquées pour votre déplacement et des solutions de rechange actuellement à votre disposition. Nous vous prions néanmoins de vous imaginer que les solutions de rechange présentées ici sont effectivement à votre disposition.

Dans chaque situation, veuillez comparer soigneusement les caractéristiques des différents itinéraires et choisir chaque fois un seul de ces itinéraires pour votre déplacement pour vos loisirs de Berne à Le Locle.

11.2.4.B. QUESTION 1, 2, 3, 4, 5, 6

Veillez (version papier :) cocher (☐) la case correspondant à (version internet :) sélectionner l'itinéraire que vous choisiriez.

Route 1		Route 2	
Temps de parcours	<u>Xmin</u>	Temps de parcours :	<u>Xmin</u>
Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>
- Coût du carburant + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Coût du carburant + surcoût de base :	<u>X CHF</u>
- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

11.2.4.C. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – INTRO

Y a-t-il, dans les situations présentées précédemment, des caractéristiques qui vous paraissent plutôt peu importantes ou dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix ?

- Non, j'ai tout pris en compte
- Oui.

11.2.4.D. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – (SI « OUI » AVANT)

(Questionnaire papier : Si oui, veuillez / questionnaire internet : Veuillez) cocher ci-dessous les caractéristiques dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix. *Cette question ne s'affiche que si le répondant a sélectionné « oui » à la question précédente.*

Remarque pour LINK : les attributs présentés dans le tableau ci-dessous sont uniquement ceux présentés précédemment dans les alternatives. Il s'agit de questions à choix multiple, avec possibilité de laisser les champs vides.

Je n'ai pas pris en compte les caractéristiques suivantes :

- Temps de parcours
- Coût total
- Coût du carburant + surcoût de base
- Surcoût aux heures de pointe

11.2.5. SP3 – CHOIX D'UN ITINERAIRE PAR LES TRANSPORTS PUBLICS

11.2.5.A. PRESENTATION DE L'EXERCICE SP 3.

CHOIX D'UN ITINÉRAIRE EN TRANSPORTS PUBLICS

Cette partie du questionnaire concerne **le choix d'un itinéraire** pour un déplacement que vous avez décrit lors de l'enquête téléphonique. Il s'agit ici du déplacement pour vous rendre au travail de Lausanne à Windisch effectué en transports publics le vendredi 23.06.2015.

Dans les pages qui suivent, nous vous présentons plusieurs itinéraires en transports publics pour ce déplacement. Les différentes solutions à disposition se distinguent par les caractéristiques suivantes :

Les caractéristiques présentées ci-dessous sont uniquement celles qui lui seront affichés dans les alternatives de choix de cet exercice SP. Les attributs pour lesquels le plan d'expérience ne fournit pas de valeur (cellule vide) ne sont pas affichés au répondant et ne doivent donc pas figurer ici non plus.

- le moyen de transport principal ;
- le temps à bord (**qui comprend le temps aux changements**) et le temps de trajet à pied jusqu'à l'arrêt de départ et depuis l'arrêt d'arrivée jusqu'au lieu de destination (pour les questionnaires du groupe 2);
- le coût en transports publics et un surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe (*uniquement pour les questionnaires ayant l'attribut « surcoût aux heures de pointe »*) ;
- le nombre de changements et le temps d'attente au(x) changement(s) ; (*uniquement pour les questionnaires du groupe 2*)
- la fréquence de la liaison (toutes les x minutes) ; (*uniquement pour les questionnaires du groupe 1*)
- (*Uniquement pour les questionnaires du groupe 1 :*) la charge de fréquentation du moyen de transport (questionnaire papier : (voir les illustrations à la fin du questionnaire) / questionnaire internet : les illustrations sont affichées sur demande en cliquant sur un bouton info – ici et au début de chaque question):

Questionnaire papier : Si le répondant n'a pas d'exercice SP1 (types de questionnaire 7 à 10), alors la définition suivante est inscrite ici dans un encadré :

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

Questionnaire internet : la définition du surcoût de base est ajoutée à la fin de chaque question.

Les situations présentées sont fictives. Les valeurs indiquées dans les tableaux ont été calculées par ordinateur et dans certains cas, elles sont différentes des valeurs réelles indiquées pour votre déplacement et des solutions de rechange actuellement à votre disposition. Nous vous prions néanmoins de vous imaginer que les solutions de rechange présentées ici sont effectivement à votre disposition.

Dans chaque situation, veuillez comparer soigneusement les caractéristiques des différents itinéraires et choisir chaque fois un seul de ces itinéraires pour votre déplacement pour vous rendre au travail de Lausanne à Windisch.

11.2.5.B. QUESTION 1, 2, 3, 4, 5, 6

Veillez (version papier :) cocher (☐) la case correspondant à (version internet :) sélectionner l'itinéraire que vous choisiriez.

Si l'attribut « charge de fréquentation » est présent : Illustration pour la charge de fréquentation

Itinéraire 1		Itinéraire 2	
Moyen de transport principal :	<u>X</u>	Moyen de transport principal :	<u>X</u>
Durée totale :	<u>Xmin</u>	Durée totale :	<u>Xmin</u>
-Temps à bord :	<u>Xmin</u>	-Temps à bord :	<u>Xmin</u>
- Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt :	<u>Xmin</u>	- Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt :	<u>Xmin</u>
Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>
- Prix du déplacement + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Prix du déplacement + surcoût de base :	<u>X CHF</u>
- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>
Charge de fréquentation :	<u>X</u>	Charge de fréquentation :	<u>X</u>
Une liaison toutes les	<u>Xmin</u>	Une liaison toutes les	<u>Xmin</u>
Nombre de changements :	<u>X</u>	Nombre de changements :	<u>X</u>
Temps d'attente au(x) changement(s) :	<u>Xmin</u>	Temps d'attente au(x) changement(s) :	<u>Xmin</u>

Rappel : le temps à bord comprend le temps aux changements

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

11.2.5.C. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – INTRO

Y a-t-il, dans les situations présentées précédemment, des caractéristiques qui vous paraissent plutôt peu importantes ou dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix ?

- Non, j'ai tout pris en compte
 Oui.

11.2.5.D. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – (SI « OUI » AVANT)

(Questionnaire papier : Si oui, veuillez / questionnaire internet : Veuillez) cocher ci-dessous les caractéristiques dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix. Cette question ne s'affiche que si le répondant a sélectionné « oui » à la question précédente.

Remarque pour LINK : les attributs présentés dans le tableau ci-dessous sont uniquement ceux présentés précédemment dans les alternatives. Il s'agit de questions à choix multiple, avec possibilité de laisser les champs vides.

- Moyen de transport principal

- Temps total
- Temps à bord
- Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt
- Coût total
- Prix du déplacement + surcoût de base
- Surcoût aux heures de pointe
- Changement(s)
- Temps d'attente au(x) changement(s)
- Fréquence de la liaison
- Charge de fréquentation

11.2.6. SP4 – CHOIX DE L'HEURE DE DEPART

11.2.6.A. QUESTIONS SUR LE DEPLACEMENT EFFECTUE.

CHOIX DE L'HEURE DE DÉPART

Cette partie du questionnaire concerne **le choix de l'heure de départ** pour un déplacement que vous avez décrit lors de l'enquête téléphonique. Il s'agit ici du déplacement pour vos loisirs de Berne à Le Locle effectué en voiture le samedi 24.06.2015.

Pour ce déplacement, vous avez indiqué 8h00 comme heure de départ. Avez-vous décalé votre heure de départ (par rapport à votre heure préférée) pour éviter des embouteillages ou la surcharge en transports publics ?

- Non, je n'ai pas décalé mon heure de départ
- Oui, j'aurais préféré partir **plus tôt** : ...h...min
- Oui, j'aurais préféré partir **plus tard** : ...h...min

Pour ce déplacement, quelle est votre heure d'arrivée préférée (s'il n'y avait pas eu d'embouteillages ou de la surcharge en transports publics) ? ...h ...min

La question suivante sera posée aux personnes enquêtées qui n'ont pas encore répondu à cette question dans le MRMT 2020. Il y a un champ « flexibilité horaires » dans le fichier Excel, qui vaut 0 ou 1. S'il vaut 1, il faut poser la question ; s'il vaut 0, il ne faut pas la poser.

*Pour les **déplacements domicile-travail** (si = « oui » dans la colonne « Domicile-Travail » indiqué dans l'Excel) :*

Comment pouvez-vous organiser votre horaire de travail ? Avez-vous... ? *Il s'agit d'une question à choix **unique**.*

- des heures de travail fixes pour le début et la fin du travail (par exemple de 8h à 17h)
- des heures de travail bloquées (par exemple être présent au bureau au moins de 9 à 12h et de 14 à 16h)
- un nombre d'heures de travail fixe par semaine ou par mois
- des horaires de travail totalement flexibles
- ne sait pas

Pour les autres motifs (y compris étude) :

Quelle est la flexibilité de votre heure de départ et de votre heure d'arrivée pour ce déplacement ?

(Plusieurs réponses possibles) *Il s'agit d'une question à choix multiple.*

- J'ai beaucoup de flexibilité dans mes horaires, je n'ai pas de contrainte
- J'ai un peu de flexibilité dans mes horaires
- Mon heure de départ pour ce déplacement est fixe
- Mon heure d'arrivée pour ce déplacement est fixe

11.2.6.B. PRESENTATION DE L'EXERCICE SP 4.

Dans les pages qui suivent, nous vous présentons plusieurs heures de départ pour ce déplacement. Les différentes solutions à disposition se distinguent par les caractéristiques suivantes :

- le moyen de transport : en voiture ou en transport public
- l'heure de départ
- le coût :
 - pour la voiture : le coût du carburant + surcoût de base, le surcoût aux heures de pointe ; ce sont des coûts par voiture
 - pour les transports publics : le prix du déplacement + surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe ; c'est un prix par personne
- le temps total de déplacement en voiture ou en transport public
- **pour les transports publics, le nombre de changements et la charge de fréquentation du véhicule (pour les usagers de transports publics uniquement - ceux qui ont l'attribut HD_TP_A non-vide dans le plan d'expérience) (questionnaire papier : (voir les illustrations à la fin du questionnaire) / questionnaire internet : les illustrations sont affichées sur demande en cliquant sur un bouton info – ici et au début de chaque question):**

Les situations présentées sont fictives. Les valeurs indiquées dans les tableaux ont été calculées par ordinateur et, dans certains cas, elles sont différentes des valeurs réelles indiquées pour votre déplacement et des solutions de rechange actuellement à votre disposition. Nous vous prions néanmoins de vous imaginer que les solutions de rechange présentées ici sont effectivement à votre disposition.

Pour **tous les scénarios qui suivent**, supposez que :

Pour le transport public :

- le temps total de marche jusqu'au premier arrêt (ou gare) et depuis le dernier arrêt (ou gare) est de **5 minutes**.
- **le temps d'attente est celui de votre déplacement déclaré, et ne varie pas d'une option à l'autre (pour les usagers de transports publics uniquement - ceux qui ont l'attribut HD_TP_A non-vide dans le plan d'expérience)**

Dans chaque situation, veuillez comparer soigneusement les caractéristiques des différents itinéraires et choisir chaque fois un seul de ces itinéraires pour votre déplacement [pour vos loisirs](#) de [Berne](#) à [Le Locle](#).

11.2.6.C. QUESTION 1, 2, 3, 4, 5, 6

Veillez (version papier :) cocher (☐) la case correspondant à (version internet :) sélectionner l'itinéraire que vous choisiriez.

Le répondant aura l'un des deux tableaux suivants, selon s'il est un usager voiture ou usager TP. Dans le plan expérience (Excel) seuls les attributs des options à afficher sont présents, permettant ainsi de déterminer facilement les options à afficher.

Pour les usagers voiture :

Route A		Route B		Transport public	
Heure de départ :	<u>XX:XX</u>	Heure de départ :	<u>XX:XX</u>	Heure de départ :	<u>XX:XX</u>
Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>
- Coût du carburant + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Coût du carburant + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Prix du déplacement + surcoût de base :	<u>X CHF</u>
- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>
Le temps total :	<u>Xmin</u>	Le temps total :	<u>Xmin</u>	Le temps total :	<u>Xmin</u>

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

Pour les usagers des transports publics :

Illustration pour la charge de fréquentation

Transport public A		Transport public B		Route (si présente dans le plan d'expérience)	
Heure de départ :	<u>XX:XX</u>	Heure de départ :	<u>XX:XX</u>	Heure de départ :	<u>XX:XX</u>
Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>
- Prix du déplacement + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Prix du déplacement + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Coût du carburant + surcoût de base :	<u>X CHF</u>
- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>
La charge de fréquentation :	<u>X</u>	La charge de fréquentation :	<u>X</u>	Le temps total :	<u>Xmin</u>
Changement(s) :	<u>X</u>	Changement(s) :	<u>X</u>		
Le temps total :	<u>Xmin</u>	Le temps total :	<u>Xmin</u>		

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

11.2.6.D. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – INTRO

Y a-t-il, dans les situations présentées précédemment, des caractéristiques qui vous paraissent plutôt peu importantes ou dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix ?

- Non, j'ai tout pris en compte
- Oui.

11.2.6.E. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – (SI « OUI » AVANT)

(Questionnaire papier : Si oui, veuillez / questionnaire internet : Veuillez) cocher ci-dessous les caractéristiques dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix. Cette question ne s'affiche que si le répondant a sélectionné « oui » à la question précédente.

Remarque pour LINK : les attributs présentés dans le tableau ci-dessous sont uniquement ceux présentés précédemment dans les alternatives. Il s'agit de questions à choix multiple, avec possibilité de laisser les champs vides.

- | | |
|---------------------------|--|
| Voiture | <input type="checkbox"/> Heure de départ |
| | <input type="checkbox"/> Temps total de déplacement |
| | <input type="checkbox"/> Coût total |
| | <input type="checkbox"/> Coût du carburant + surcoût de base |
| | <input type="checkbox"/> Surcoût aux heures de pointe |
| Transports publics | <input type="checkbox"/> Heure de départ |
| | <input type="checkbox"/> Temps total de déplacement |
| | <input type="checkbox"/> Coût total |
| | <input type="checkbox"/> Prix du déplacement + surcoût de base |
| | <input type="checkbox"/> Surcoût aux heures de pointe |
| | <input type="checkbox"/> Changement(s) |
| | <input type="checkbox"/> Charge de fréquentation |

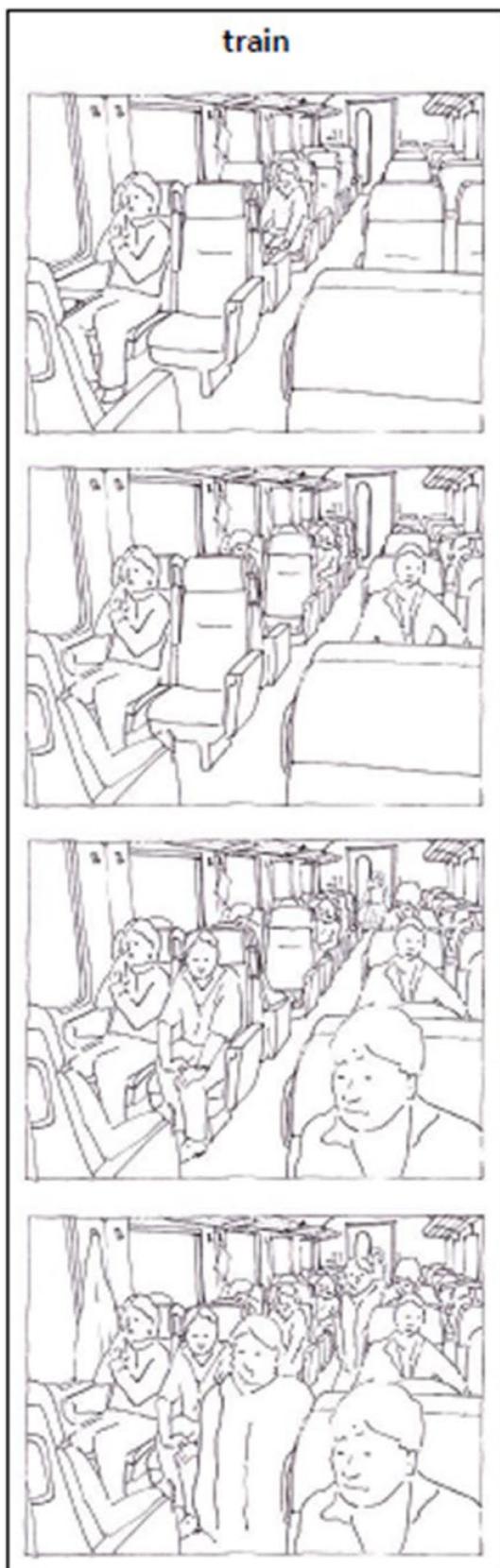
11.2.7. REMERCIEMENTS

Merci !

Nous vous remercions pour le temps que vous avez passé à répondre à ce questionnaire. Les premiers résultats de l'enquête paraîtront au milieu de l'année 2021 sur le [site internet de l'ARE](#). Si vous avez des questions, vous pouvez les adresser à enquete@are.admin.ch.

11.2.8. ANNEXE

11.2.8.A. ILLUSTRATION « CHARGE DE FREQUENTATION »

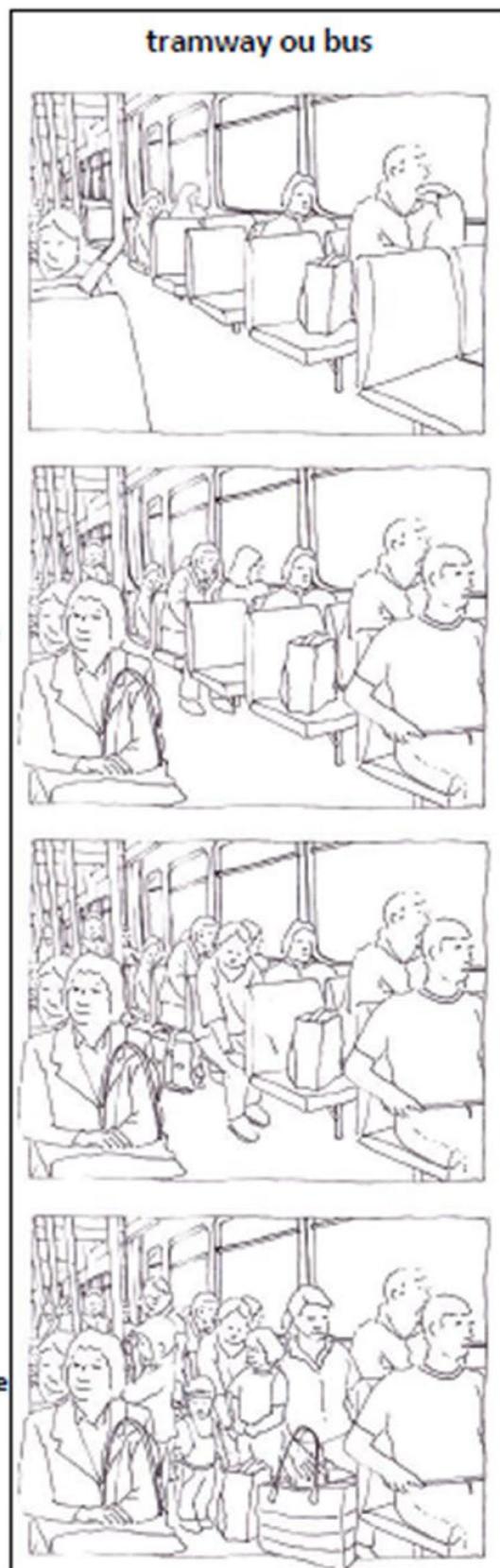


faible

moyenne

élevée

surchargée



11.3. Questionnaire SP suite au pré-test 2 (version finale)

11.3.1. PRINCIPES GENERAUX

11.3.1.A. CATEGORIES DU TEXTE ET LEUR CODE COULEUR

Texte en gris : Texte invariable toujours présent dans le questionnaire

Texte en rouge : Remarques explicatives

Texte en vert : Éléments variables à choisir parmi les différents éléments proposés (enlever les éléments non nécessaires)

Texte en violet : Éléments variables à remplacer (choisir la valeur ou le texte correct)

Texte en violet souligné : Éléments variables à remplacer pour lesquels il faut se référer à l'Excel

 : Boutons info

Champs en bleu clair : Valeurs à choisir/rentrer par le répondant (liste déroulante ou champ d'entrée)

email@boitemail.com : lien hyperlink

11.3.1.B. ATTRIBUTION DES EXERCICES SP (CHAPITRES 3, 4, 5 ET 6)

*Chaque exercice SP (SP1, SP2, SP3 et SP4) sont à présenter au répondant uniquement si certains attributs de ces SP comportent des valeurs (cellules **vides** dans le fichier Excel fourni). Autrement-dit, si aucun attribut d'un SP ne comporte des valeurs, alors l'exercice SP ne doit pas être présenté au répondant. Il est suffisant de vérifier la présence d'attribut pour une seule question (si une question a tous les attributs vides alors toutes les autres questions aussi). Il est aussi possible de se référer à l'onglet « Types de Questionnaires » où sont indiqués les exercices SP à présenter selon le type de questionnaire (fbtyp).*

11.3.1.C. SOUS-PARTIES DES EXERCICES SP

Chaque sous-partie correspond à un nouvel écran dans le questionnaire en ligne.

11.3.2. LETTRE DE CONTACT

Texte qui sera affiché dans le mail pour l'enquête sur internet et qui sera imprimé sur une page comme lettre de contact pour les enquêtes envoyées par la poste.

Madame, (remarque pour LINK : la formule d'adresse est à prendre dans le fichier Excel)

Lors de votre interview téléphonique pour le microrecensement mobilité et transports, vous avez accepté de répondre à une enquête menée par l'Office fédéral du développement territorial ([ARE](#)). Nous vous en remercions vivement. Cette enquête cherche à comprendre vos préférences en matière de mobilité pour évaluer les futurs projets d'infrastructure et prédire l'évolution des flux de trafic.

Sur internet (remarque pour LINK : il faut compléter la date maximale de retour, en fonction du moment où l'enquête (test 2 et l'enquête définitive) sera lancée) :

Nous vous adressons comme convenu le lien et les données d'accès à votre questionnaire personnel. Vous aurez besoin d'environ 15 minutes pour y répondre. Nous vous prions de bien vouloir remplir le questionnaire d'ici le X.X.2021.

Pour accéder au questionnaire, cliquez sur le lien suivant :

#Direktlink#

Au cas où le lien ci-dessus devait ne pas fonctionner pas, cliquez sur le lien suivant et entrez vos codes d'accès personnels : www.survey.link.ch/sp2021

Vos codes d'accès personnels sont :

Dans la lettre (remarque pour LINK : il faut compléter la date maximale de retour, en fonction du moment où l'enquête (test 2 et l'enquête définitive) sera lancée) :

Vous trouverez, ci-joint, votre questionnaire individuel incluant des informations détaillées sur la manière de le remplir. Il vous prendra environ 15 minutes. Ensuite, nous vous prions de bien vouloir le renvoyer avant le X.X.2021 à l'institut LINK, chargé du déroulement de l'enquête, dans l'enveloppe-réponse préaffranchie.

Vous pouvez aussi remplir le questionnaire sur internet. Pour cela, connectez vous à www.survey.link.ch/sp2021 avec vos données d'accès personnelles :

Pour tous :

Nom d'utilisateur : login

Mot de passe : password

Toutes les informations que vous donnerez seront traitées de manière strictement confidentielle et utilisées uniquement à des fins statistiques. Aucune donnée personnelle ne sera publiée. L'équipe du projet se tient à votre disposition, au numéro **0800 000 305** ou par courriel à l'adresse <mailto:enquete@are.admin.ch>, pour répondre à vos éventuelles questions sur cette enquête ou sur la protection des données.

En vous remerciant par avance de participer à cette enquête, nous vous adressons, Madame, nos salutations les meilleures.

Salutations sur internet :

Office fédéral du développement territorial ARE

Salutations dans la lettre papier :

Office fédéral du développement territorial

Signature

Maria Lezzi

Directrice

11.3.3. DEBUT DU QUESTIONNAIRE

Texte au début du questionnaire tant PDF que sur internet :

Nous vous remercions encore vivement pour votre participation. Cette enquête cherche à comprendre vos préférences en matière de mobilité pour évaluer les futurs projets d'infrastructure et prédire l'évolution des flux de trafic.

Une des mesures envisagées pour réduire les goulets d'étranglement sur la route et faire baisser les surcharges de trafic sur le rail est l'application d'un surcoût, tant pour le transport individuel que pour les transports publics. Il s'agirait d'un surcoût par kilomètre parcouru, qui varierait en fonction de la zone où l'on se déplace (zone fortement ou peu congestionnée) et en fonction de l'heure (heure de pointe ou heure creuse). Les usagers paieraient donc plus cher pendant les heures de pointe et moins cher en dehors, tant pour le transport individuel que pour les transports publics.

Le surcoût respecterait le principe de compensation : Si on introduit ce surcoût, d'autres coûts devraient diminuer, de sorte que la recette totale n'augmenterait pas, ni la recette totale des taxes routières et du surcoût aux heures de pointe pour le transport individuel motorisé, ni la recette totale des transports publics.

Seulement sur la version papier (car il est plus fréquent de jeter une lettre papier qu'un email)

Toutes les informations que vous donnerez seront traitées de manière strictement confidentielle et utilisées uniquement à des fins statistiques. Aucune donnée personnelle ne sera publiée. Si vous avez des questions sur l'enquête, vous pouvez nous joindre au numéro gratuit **0800 000 305** ou par e-mail : enquete@are.admin.ch.

11.3.4. SP1 - CHOIX D'UN MOYEN DE TRANSPORT

*Chaque exercice SP (SP1, SP2, SP3 et SP4) sont à présenter au répondant uniquement si certains attributs de ces SP comportent des valeurs (cellules **vides** dans le fichier Excel fourni). Autrement-dit, si aucun attribut d'un SP ne comporte des valeurs, alors l'exercice SP ne doit pas être présenté au répondant. Il est suffisant de vérifier la présence d'attribut pour une seule question (si une question a tous les attributs vides alors toutes les autres questions aussi). Il est aussi possible de se référer à l'onglet « Types de Questionnaires » où sont indiqués les exercices SP à présenter selon le type de questionnaire (fbtyp).*

11.3.4.A. PRESENTATION DE L'EXERCICE SP 1.

Chaque sous-partie correspond à un nouvel écran dans le questionnaire en ligne.

CHOIX D'UN MOYEN DE TRANSPORT

Cette partie du questionnaire concerne **le choix d'un moyen de transport** pour un déplacement que vous avez décrit lors de l'enquête téléphonique. Il s'agit ici du déplacement pour vos loisirs de Berne à Le Locle effectué en voiture le samedi 24.06.2015 à 13:00.

Dans les pages qui suivent, nous vous présentons 3 moyens de transport pour ce déplacement. Les moyens de transport à votre disposition se distinguent par les caractéristiques suivantes :

Les caractéristiques présentées ci-dessous sont uniquement celles qui seront affichées au répondant dans les alternatives de choix de cet exercice SP. Les attributs pour lesquels le plan d'expérience ne fournit pas de valeur (cellule vide) ne sont pas affichés au répondant et ne doivent donc pas figurer ici non plus.

- le temps nécessaire au déplacement
- le coût du déplacement, qui comprend un « surcoût de base » et un « surcoût d'heures de pointe » (*uniquement pour les répondants qui ont cet attribut (cellule correspondante non-vide)*)
- pour les transports publics, le nombre de changements et la fréquence de la liaison (toutes les x minutes) (*uniquement pour les questionnaires du groupe 1*) la charge de fréquentation (*uniquement pour les questionnaires du groupe 2*) (questionnaire papier : (voir les illustrations à la fin du questionnaire) / questionnaire internet : les illustrations sont affichées sur demande en cliquant sur un bouton info – ici et au début de chaque question) : 
- la proportion de déplacements pour lesquels il y a un retard, et la durée de ce retard (*cette mention est à mettre uniquement pour les questionnaires du groupe 1*).

Questionnaire papier : la définition suivante est inscrite ici dans un encadré :

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

Questionnaire internet : la définition du surcoût de base est ajoutée à la fin de chaque question.

Les situations présentées sont fictives. Les valeurs indiquées dans les tableaux ont été calculées par ordinateur et, dans certains cas, elles sont différentes des valeurs réelles indiquées pour votre déplacement et des solutions de rechange actuellement à votre disposition. Nous vous prions néanmoins de vous imaginer que les solutions de rechange présentées ici sont effectivement à votre disposition.

Dans chaque situation, veuillez comparer soigneusement les caractéristiques des différents moyens de transport et choisir chaque fois un seul de ces moyens pour votre déplacement pour vos loisirs de Berne à Le Locle.

Les attributs présentés ci-dessous sont les Valeurs Fixes SP1. Ils doivent figurer uniquement si le plan d'expérience fournit une valeur aux attributs correspondants dans l'Excel.

Pour tous les scénarios qui suivent, supposez que :

Pour la voiture :

- le temps pour trouver une place de stationnement est de 5 minutes

- le coût du stationnement est 2 CHF (la valeur est toujours « 2 »)
- tous les 20 trajets il y a un retard d'une durée de 5 minutes (les valeurs sont toujours « 20 » et « 5 »)

Pour les transports publics :

- le temps à bord comprend le temps aux changements
- le temps de marche jusqu'à/depuis l'arrêt est de 5 minutes
- la charge de fréquentation est faible
- il y a une liaison toutes les 5 minutes
- tous les 20 trajets il y a un retard d'une durée de 5 minutes (les valeurs sont toujours « 20 » et « 5 »)

11.3.4.B. QUESTION 1, 2, 3, 4, 5, 6

Veillez (version papier :) cocher (☐) la case correspondant au (version internet :) sélectionner le moyen de transport que vous choisiriez.

Pour les déplacements domicile-travail ou professionnels (= Si « oui » dans la colonne « Domicile-Travail » dans l'Excel), on ajoute la remarque suivante au-dessus du tableau : Si votre employeur participe au financement de vos déplacements, supposez que les coûts proposés dans ce tableau représentent la partie à votre charge.

Si l'attribut « charge de fréquentation » est présent : Illustration pour la charge de fréquentation 

Marche		Vélo		Voiture		Transports publics	
Durée :	<u>Xmin</u>	Durée :	<u>Xmin</u>	Durée totale :	<u>Xmin</u>	Durée totale :	<u>Xmin</u>
		Durée en vélo électrique* :	<u>Xmin</u>	- Temps de parcours :	<u>Xmin</u>	- Temps à bord :	<u>Xmin</u>
				- Temps de stationnement :	<u>Xmin</u>	- Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt :	<u>Xmin</u>
				Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>
				- Coût du carburant + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Prix du déplacement + surcoût de base :	<u>X CHF</u>
				- Coût du stationnement :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>
				- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	Changement(s) :	<u>X</u>
				Un retard tous les :	<u>X trajets</u>	Une liaison toutes les :	<u>Xmin</u>
				Durée du retard :	<u>Xmin</u>	Charge de fréquentation :	<u>X</u>
						Un retard tous les :	<u>X trajets</u>
						Durée du retard :	<u>Xmin</u>
		* si vous en possédez un					

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

11.3.4.C. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES 1 - INTRO

Y a-t-il, dans les situations présentées précédemment, des caractéristiques qui vous paraissent plutôt peu importantes ou dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix ?

- Non, j'ai tout pris en compte
- Oui.

11.3.4.D. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – 1 (SI « OUI » AVANT)

(Questionnaire papier : Si oui, veuillez / questionnaire internet : Veuillez) cocher ci-dessous les caractéristiques dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix. *Cette question ne s'affiche que si le répondant a sélectionné « oui » à la question précédente. Remarque pour LINK : les attributs présentés dans le tableau ci-dessous sont uniquement ceux présentés précédemment dans le tableau du SP1. Il s'agit de questions à choix multiple, avec possibilité de laisser les champs vides.*

Je n'ai pas pris en compte les caractéristiques suivantes :

- Vélo**
 - Durée
 - Durée (en vélo électrique)
- Marche**
 - Durée
- Voiture**
 - Durée totale
 - Temps de parcours
 - Temps de stationnement
 - Coût total
 - Coût du carburant + surcoût de base
 - Coût du stationnement
 - Surcoût aux heures de pointe
 - Risque de retard
 - Durée du retard
- Transports publics**
 - Temps total
 - Temps à bord
 - Trajet à pied jusqu'à et depuis l'arrêt
 - Coût total
 - Prix du déplacement + surcoût de base
 - Surcoût aux heures de pointe
 - Changement(s)
 - Fréquence de la liaison
 - Charge de fréquentation
 - Risque de retard
 - Durée du retard

11.3.5. SP2 - CHOIX D'UN ITINERAIRE EN VOITURE PRIVEE

11.3.5.A. PRESENTATION DE L'EXERCICE SP 2.

CHOIX D'UN ITINÉRAIRE EN VOITURE PRIVÉE

Cette partie du questionnaire concerne **le choix d'un itinéraire** pour un déplacement que vous avez décrit lors de l'enquête téléphonique. Il s'agit ici du déplacement pour vos loisirs de Berne à Le Locle effectué en voiture le samedi 24.06.2015 à 13:00.

Dans les pages qui suivent, nous vous présentons plusieurs itinéraires pour ce déplacement. Les différentes solutions à disposition se distinguent par les caractéristiques suivantes :

Les caractéristiques présentées ci-dessous sont uniquement celles qui seront affichés au répondant dans les alternatives de choix de cet exercice SP. Les attributs pour lesquels le plan d'expérience ne fournit pas de valeur (cellule vide) ne sont pas affichés au répondant et ne doivent donc pas figurer ici non plus.

- le temps nécessaire au parcours ;
- le coût du déplacement, comprenant le coût du carburant + le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe (pour les répondants ayant l'attribut « surcoût aux heures de pointe »).
- le coût du carburant + le surcoût de base (pour les répondants n'ayant pas l'attribut « surcoût aux heures de pointe »).

Les situations présentées sont fictives. Les valeurs indiquées dans les tableaux ont été calculées par ordinateur et, dans certains cas, sont différentes des valeurs réelles indiquées pour votre déplacement et des solutions de rechange actuellement à votre disposition. Nous vous prions néanmoins de vous imaginer que les solutions de rechange présentées ici sont effectivement à votre disposition.

Dans chaque situation, veuillez comparer soigneusement les caractéristiques des différents itinéraires et choisir chaque fois un seul de ces itinéraires pour votre déplacement pour vos loisirs de Berne à Le Locle.

11.3.5.B. QUESTION 1, 2, 3, 4, 5, 6

Veuillez (version papier :) cocher (☐) la case correspondant à (version internet :) sélectionner l'itinéraire que vous choisiriez.

Itinéraire 1		Itinéraire 2	
Temps de parcours	<u>Xmin</u>	Temps de parcours :	<u>Xmin</u>
Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>
- Coût du carburant + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Coût du carburant + surcoût de base :	<u>X CHF</u>
- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

11.3.5.C. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – INTRO

Y a-t-il, dans les situations présentées précédemment, des caractéristiques dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix ?

- Non, j'ai tout pris en compte
- Oui.

11.3.5.D. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – (SI « OUI » AVANT)

(Questionnaire papier : Si oui, veuillez / questionnaire internet : Veuillez) cocher ci-dessous les caractéristiques dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix. *Cette question ne s'affiche que si le répondant a sélectionné « oui » à la question précédente.*

Remarque pour LINK : les attributs présentés dans le tableau ci-dessous sont uniquement ceux présentés précédemment dans les alternatives. Il s'agit de questions à choix multiple, avec possibilité de laisser les champs vides.

Je n'ai pas pris en compte les caractéristiques suivantes :

- Temps de parcours
- Coût total
- Coût du carburant + surcoût de base
- Surcoût aux heures de pointe

11.3.6. SP3 – CHOIX D'UN ITINERAIRE PAR LES TRANSPORTS PUBLICS

11.3.6.A. PRESENTATION DE L'EXERCICE SP 3.

CHOIX D'UN ITINÉRAIRE EN TRANSPORTS PUBLICS

Cette partie du questionnaire concerne **le choix d'un itinéraire** pour un déplacement que vous avez décrit lors de l'enquête téléphonique. Il s'agit ici du déplacement pour vous rendre au travail de Lausanne à Windisch effectué en transports publics le vendredi 23.06.2015 à 13:00.

Dans les pages qui suivent, nous vous présentons plusieurs itinéraires en transports publics pour ce déplacement. Les différentes solutions à disposition se distinguent par les caractéristiques suivantes :

Les caractéristiques présentées ci-dessous sont uniquement celles qui lui seront affichés dans les alternatives de choix de cet exercice SP. Les attributs pour lesquels le plan d'expérience ne fournit pas de valeur (cellule vide) ne sont pas affichés au répondant et ne doivent donc pas figurer ici non plus.

- le moyen de transport principal ;
- le temps à bord (**qui comprend le temps aux changements**) et le temps de trajet à pied jusqu'à l'arrêt de départ et depuis l'arrêt d'arrivée jusqu'au lieu de destination;

- le coût en transports publics et un surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe (*uniquement pour les questionnaires ayant l'attribut « surcoût aux heures de pointe »*) ;
- le nombre de changements et le temps d'attente au(x) changement(s) ; (*uniquement pour les questionnaires du groupe 2*)
- la fréquence de la liaison (toutes les x minutes) ; (*uniquement pour les questionnaires du groupe 1*)
- (*Uniquement pour les questionnaires du groupe 1 :*) la charge de fréquentation du moyen de transport (*questionnaire papier : (voir les illustrations à la fin du questionnaire) / questionnaire internet : les illustrations sont affichées sur demande en cliquant sur un bouton info – ici et au début de chaque question*) : 

Questionnaire papier : Si le répondant n'a pas d'exercice SP1 (types de questionnaire 7 à 10), alors la définition suivante est inscrite ici dans un encadré :

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

Questionnaire internet : la définition du surcoût de base est ajoutée à la fin de chaque question.

Les situations présentées sont fictives. Les valeurs indiquées dans les tableaux ont été calculées par ordinateur et dans certains cas, elles sont différentes des valeurs réelles indiquées pour votre déplacement et des solutions de rechange actuellement à votre disposition. Nous vous prions néanmoins de vous imaginer que les solutions de rechange présentées ici sont effectivement à votre disposition.

Dans chaque situation, veuillez comparer soigneusement les caractéristiques des différents itinéraires et choisir chaque fois un seul de ces itinéraires pour votre déplacement pour vous rendre au travail de Lausanne à Windisch.

11.3.6.B. QUESTION 1, 2, 3, 4, 5, 6

Veuillez (*version papier :*) cocher () la case correspondant à (*version internet :*) sélectionner l'itinéraire que vous choisiriez.

Si l'attribut « charge de fréquentation » est présent : *Illustration pour la charge de fréquentation* 

Itinéraire 1		Itinéraire 2	
Moyen de transport principal :	<u>X</u>	Moyen de transport principal :	<u>X</u>
Durée totale :	<u>Xmin</u>	Durée totale :	<u>Xmin</u>
-Temps à bord :	<u>Xmin</u>	-Temps à bord :	<u>Xmin</u>
- Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt :	<u>Xmin</u>	- Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt :	<u>Xmin</u>
Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>
- Prix du déplacement + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Prix du déplacement + surcoût de base :	<u>X CHF</u>

- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>
Charge de fréquentation :	<u>X</u>	Charge de fréquentation :	<u>X</u>
Une liaison toutes les	<u>Xmin</u>	Une liaison toutes les	<u>Xmin</u>
Nombre de changements :	<u>X</u>	Nombre de changements :	<u>X</u>
Temps d'attente au(x) changement(s) :	<u>Xmin</u>	Temps d'attente au(x) changement(s) :	<u>Xmin</u>

Rappel : le temps à bord comprend le temps aux changements

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

11.3.6.C. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – INTRO

Y a-t-il, dans les situations présentées précédemment, des caractéristiques dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix ?

- Non, j'ai tout pris en compte
- Oui.

11.3.6.D. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – (SI « OUI » AVANT)

(Questionnaire papier : Si oui, veuillez / questionnaire internet : Veuillez) cocher ci-dessous les caractéristiques dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix. Cette question ne s'affiche que si le répondant a sélectionné « oui » à la question précédente.

Remarque pour LINK : les attributs présentés dans le tableau ci-dessous sont uniquement ceux présentés précédemment dans les alternatives. Il s'agit de questions à choix multiple, avec possibilité de laisser les champs vides.

- Moyen de transport principal
- Temps total
- Temps à bord
- Temps de marche jusqu'à et depuis l'arrêt
- Coût total
- Prix du déplacement + surcoût de base
- Surcoût aux heures de pointe
- Nombre de changement(s)
- Temps d'attente au(x) changement(s)
- Fréquence de la liaison
- Charge de fréquentation

11.3.7. SP4 – CHOIX DE L'HEURE DE DEPART

11.3.7.A. QUESTIONS SUR LE DEPLACEMENT EFFECTUE.

CHOIX DE L'HEURE DE DÉPART

Cette partie du questionnaire concerne **le choix de l'heure de départ** pour un déplacement que vous avez décrit lors de l'enquête téléphonique. Il s'agit ici du déplacement pour vos loisirs de Berne à Le Locle effectué en voiture le samedi 24.06.2015 à 13:00.

Pour ce déplacement, vous avez indiqué 13:00 comme heure de départ. Avez-vous décalé votre heure de départ pour éviter des embouteillages ou la surcharge en transports publics ? (*Remarque pour LINK : l'heure de départ est à prendre dans le fichier Excel*)

- Non, je n'ai pas décalé mon heure de départ
- Oui, j'aurais préféré partir **plus tôt** : ...h...min
- Oui, j'aurais préféré partir **plus tard** : ...h...min

Pour ce déplacement, quelle est votre heure d'arrivée préférée (s'il n'y avait pas eu d'embouteillages ou de la surcharge en transports publics) ? ...h ...min

La question suivante sera posée aux personnes enquêtées qui n'ont pas encore répondu à cette question dans le MRMT 2021. Il y a un champ « flexibilité horaires » dans le fichier Excel, qui vaut 0 ou 1. S'il vaut 1, il faut poser la question ; s'il vaut 0, il ne faut pas la poser.

*Pour les **déplacements domicile-travail** (si = « oui » dans la colonne « Domicile-Travail » indiqué dans l'Excel) :*

*Comment pouvez-vous organiser votre horaire de travail ? Avez-vous... ? Il s'agit d'une question à choix **unique**.*

- des heures de début et de fin du travail fixes (p.ex. début du travail à 8h15)
- des périodes de la journée bloquées (fixes) (p. ex. début du travail au plus tard à 9h)
- un nombre d'heures de travail fixe par semaine, par mois ou par année
- des horaires de travail totalement flexibles
- ne sait pas

*Pour les **autres motifs** (y compris étude) :*

Quelle est la flexibilité de votre heure de départ et de votre heure d'arrivée pour ce déplacement ?

*(Plusieurs réponses possibles) Il s'agit d'une question à choix **multiple**.*

- J'ai beaucoup de flexibilité dans mes horaires, je n'ai pas de contrainte
- J'ai un peu de flexibilité dans mes horaires
- Mon heure de départ pour ce déplacement est fixe
- Mon heure d'arrivée pour ce déplacement est fixe

11.3.7.B. PRESENTATION DE L'EXERCICE SP 4.

Dans les pages qui suivent, nous vous présentons plusieurs heures de départ pour ce déplacement. Les différentes solutions à disposition se distinguent par les caractéristiques suivantes :

- le moyen de transport : en voiture ou en transport public
- l'heure de départ
- le coût :
 - pour la voiture : le coût du carburant + surcoût de base, le surcoût aux heures de pointe
 - pour les transports publics : le prix du déplacement + surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe
- le temps total de déplacement en voiture ou en transport public
- pour les transports publics, le nombre de changements et la charge de fréquentation du véhicule (pour les usagers de transports publics uniquement - ceux qui ont l'attribut HD_TP_A non-vidé dans le plan d'expérience) (questionnaire papier : (voir les illustrations à la fin du questionnaire) / questionnaire internet : les illustrations sont affichées sur demande en cliquant sur un bouton info – ici et au début de chaque question) : 

Les situations présentées sont fictives. Les valeurs indiquées dans les tableaux ont été calculées par ordinateur et, dans certains cas, elles sont différentes des valeurs réelles indiquées pour votre déplacement et des solutions de rechange actuellement à votre disposition. Nous vous prions néanmoins de vous imaginer que les solutions de rechange présentées ici sont effectivement à votre disposition.

Pour tous les scénarios qui suivent, supposez que :

Pour le transport public :

- le temps total de marche jusqu'au premier arrêt (ou gare) et depuis le dernier arrêt (ou gare) est de **5 minutes**.
- le temps d'attente est celui de votre déplacement déclaré, et ne varie pas d'une option à l'autre (pour les usagers de transports publics uniquement - ceux qui ont l'attribut HD_TP_A non-vidé dans le plan d'expérience)

Dans chaque situation, veuillez comparer soigneusement les caractéristiques des différents itinéraires et choisir chaque fois un seul de ces itinéraires pour votre déplacement pour vos loisirs de Berne à Le Locle.

11.3.7.C. QUESTION 1, 2, 3, 4, 5, 6

Veuillez (version papier :) cocher () la case correspondant à (version internet :) sélectionner l'itinéraire que vous choisiriez.

Le répondant aura l'un des deux tableaux suivants, selon s'il est un usager voiture ou usager TP. Dans le plan expérience (Excel) seuls les attributs des options à afficher sont présents, permettant ainsi de déterminer facilement les options à afficher.

Pour les usagers voiture :

Voiture, itinéraire A		Voiture, itinéraire B		Transports publics	
Heure de départ :	<u>XX:XX</u>	Heure de départ :	<u>XX:XX</u>	Heure de départ :	<u>XX:XX</u>

Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>	Coût total :	<u>X CHF</u>
- Coût du carburant + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Coût du carburant + surcoût de base :	<u>X CHF</u>	- Prix du déplacement + surcoût de base :	<u>X CHF</u>
- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe :	<u>X CHF</u>
Durée totale :	<u>Xmin</u>	Durée totale :	<u>Xmin</u>	Durée totale :	<u>Xmin</u>

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

Pour les usagers des transports publics :

Pour la version en ligne : Illustration pour la charge de fréquentation 

Transports publics, itinéraire A	Transports publics, itinéraire B	Voiture (si présente dans le plan d'expérience)
Heure de départ : <u>XX:XX</u>	Heure de départ : <u>XX:XX</u>	Heure de départ : <u>XX:XX</u>
Coût total : <u>X CHF</u>	Coût total : <u>X CHF</u>	Coût total : <u>X CHF</u>
- Prix du déplacement + surcoût de base : <u>X CHF</u>	- Prix du déplacement + surcoût de base : <u>X CHF</u>	- Coût du carburant + surcoût de base : <u>X CHF</u>
- Surcoût aux heures de pointe : <u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe : <u>X CHF</u>	- Surcoût aux heures de pointe : <u>X CHF</u>
Charge de fréquentation : <u>X</u>	Charge de fréquentation : <u>X</u>	Durée totale : <u>Xmin</u>
Nombre de changements : <u>X</u>	Nombre de changements : <u>X</u>	
Durée totale : <u>Xmin</u>	Durée totale : <u>Xmin</u>	

Définition du surcoût de base : surcoût par kilomètre parcouru, appliqué quelle que soit l'heure de la journée, aux heures de pointe comme en heures creuses. Le surcoût de base et le surcoût aux heures de pointe sont aussi appliqués aux personnes munies d'un abonnement de transports publics.

11.3.7.D. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – INTRO

Y a-t-il, dans les situations présentées précédemment, des caractéristiques dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix ?

- Non, j'ai tout pris en compte
 Oui.

11.3.7.E. QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES – (SI « OUI » AVANT)

(Questionnaire papier : Si oui, veuillez / questionnaire internet : Veuillez) cocher ci-dessous les caractéristiques dont vous n'avez pas tenu compte dans votre choix. Cette question ne s'affiche que si le répondant a sélectionné « oui » à la question précédente.

Remarque pour LINK : les attributs présentés dans le tableau ci-dessous sont uniquement ceux présentés précédemment dans les alternatives. Il s'agit de questions à choix multiple, avec possibilité de laisser les champs vides.

- Voiture**
- Heure de départ
 - Temps total de déplacement
 - Coût total
 - Coût du carburant + surcoût de base
 - Surcoût aux heures de pointe
- Transports publics**
- Heure de départ
 - Temps total de déplacement
 - Coût total
 - Prix du déplacement + surcoût de base
 - Surcoût aux heures de pointe
 - Changement(s)
 - Charge de fréquentation

11.3.8. REMERCIEMENTS

Merci !

Nous vous remercions pour le temps que vous avez passé à répondre à ce questionnaire. Les premiers résultats de l'enquête paraîtront en 2022 sur le [site internet de l'ARE \(questionnaire papier : \(www.are.admin.ch/statedpreference\)\)](http://www.are.admin.ch/statedpreference). Si vous avez des questions, vous pouvez les adresser à enquete@are.admin.ch.

11.3.9. ANNEXE - ILLUSTRATION « CHARGE DE FREQUENTATION »

train



faible



moyenne



élevée



surchargée

tramway ou bus



faible



moyenne



élevée



surchargée

12. ANNEXE 2 – ANALYSE DU PRE-TEST 2

Le pilote pour l'enquête SP 2021 Suisse, a été réalisé en avril 2021, sur un échantillon de personnes interrogés lors de l'enquête MRMT du 12 au 29 avril. La génération de questionnaires s'est déroulée en deux vagues de 9 jours successifs, avec le lancement des questionnaires en ligne le 28 avril pour la première vague et le 7 mai pour la deuxième.

Au total, durant le Prétest 2, à partir de 945 répondants à l'enquête MRMT ayant donné leur accord pour participer à l'enquête SP, 632 questionnaires ont pu être générés (313 ont dû être exclus), et au 25 mai (environ 4 et 3 semaines après l'envoi des questionnaires respectivement pour la première et deuxième vague), 371 questionnaires complétés ont été collectés.

12.1. Contrôle sur les données recueillies

12.1.1. VALEURS DE REFERENCE UTILISEES POUR LE CALCUL DES VALEURS DANS LES QUESTIONS SP

Ce contrôle porte sur les variables de référence, qui servent pour calculer les valeurs des différents attributs dans les options proposées dans le questionnaire SP. Il s'agit des variables caractérisant le meilleur itinéraire du déplacement de référence du participant, en différents modes (TP, TIM, Vélo ou Marche). Les valeurs de ces variables sont obtenues avec l'outil de routage de *routeRANK*, en se basant sur les coordonnées de l'origine et de la destination du déplacement de référence, ainsi que sur le type de jour (jour ouvré, samedi ou dimanche) et l'heure de départ. Il s'agit des variables comme le temps de trajet, la distance, le coût pour les TP, les modes TP utilisés, le mode TP principal, le nombre de changements, la fréquence, et quelques autres.

Les valeurs ainsi obtenues constituent elles-mêmes ou servent à calculer (pour le coût TIM par exemple) les valeurs de référence auxquels sont appliqués les différents niveaux de variation donnés par des plans factoriels, pour enfin arriver aux valeurs présentées dans les questions SP. Il est donc important que ces valeurs de départ soient correctes.

Pour les contrôler, nous avons étudié la distribution des valeurs des différentes variables clés, obtenues avec l'outil de routage.

12.1.1.A. DISTRIBUTION DES VARIABLES RELATIVES AU TEMPS

Les graphiques ci-dessous présentent la distribution des variables relatives au temps suivantes :

- temps de trajet TIM
- temps de trajet porte-à-porte TP
- temps de rabattement TP (temps de marche à l'origine et à la destination)

Ils sont différenciés selon le mode actuel utilisé par le participant pour réaliser son trajet. Ainsi, par exemple, pour le mode actuel « Marche », il est normal et rassurant de trouver les temps de trajet en TIM de valeurs faibles, car cela confirme que les déplacements à pied sont effectués sur les distances courtes.

12.1.1.a.1. Distribution du temps de trajet TIM

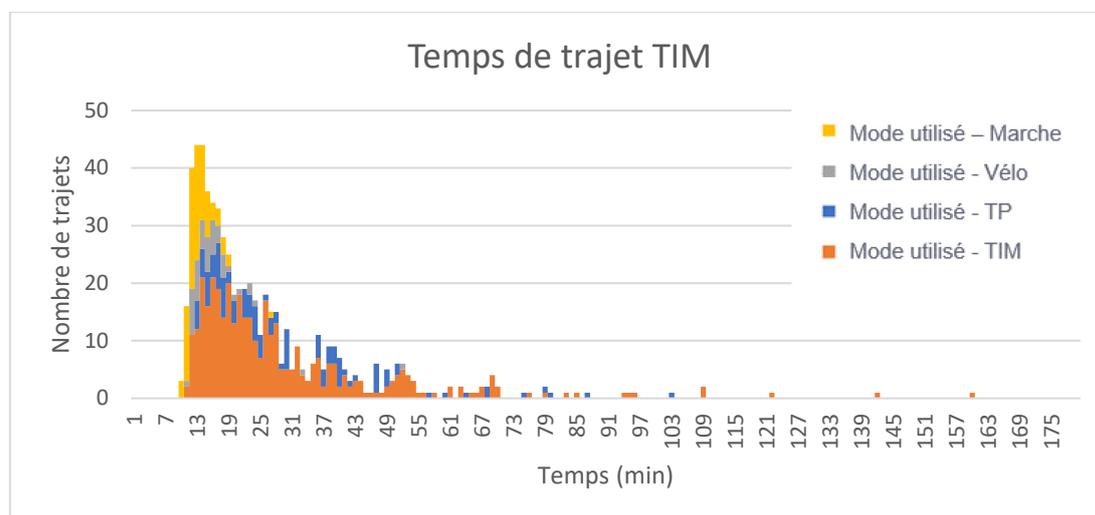


Figure 26 - Distribution du temps de trajet TIM

La distribution du temps TIM permet de mettre en évidence qu'il n'existe pas des temps TIM trouvés inférieurs à 10 minutes. Une analyse plus détaillée a permis par la suite de trouver qu'effectivement, l'outil de routage considère dans le temps en voiture, en plus du temps de trajet même, 5 minutes de temps de parking, et 5 minutes supplémentaires pour le reste (temps de marche, temps d'installation dans la voiture, ...) pour arriver au temps total porte-à-porte.

Nous avons corrigé cette manière de calculer le temps TIM dans l'outil car lors de l'élaboration des variables pour le questionnaire le temps de parking est calculé indépendamment, selon la typologie urbaine à la destination et le motif du déplacement. Le temps de trajet en voiture doit donc correspondre au temps de trajet sans temps de recherche de parking, avec éventuellement un temps additionnel, correspondant aux actions auxiliaires liées au trajet (se rendre jusqu'à sa voiture).

Nous avons gardé, pour les vagues suivantes, 2 minutes du temps additionnel pour les trajets TIM, afin d'obtenir un temps hors temps de parking.

En refaisant l'analyse sur les valeurs obtenues pour les enquêtes générées pour l'une des vagues de la période juin-juillet, la distribution est désormais meilleure, comme présenté sur le graphique ci-dessous.

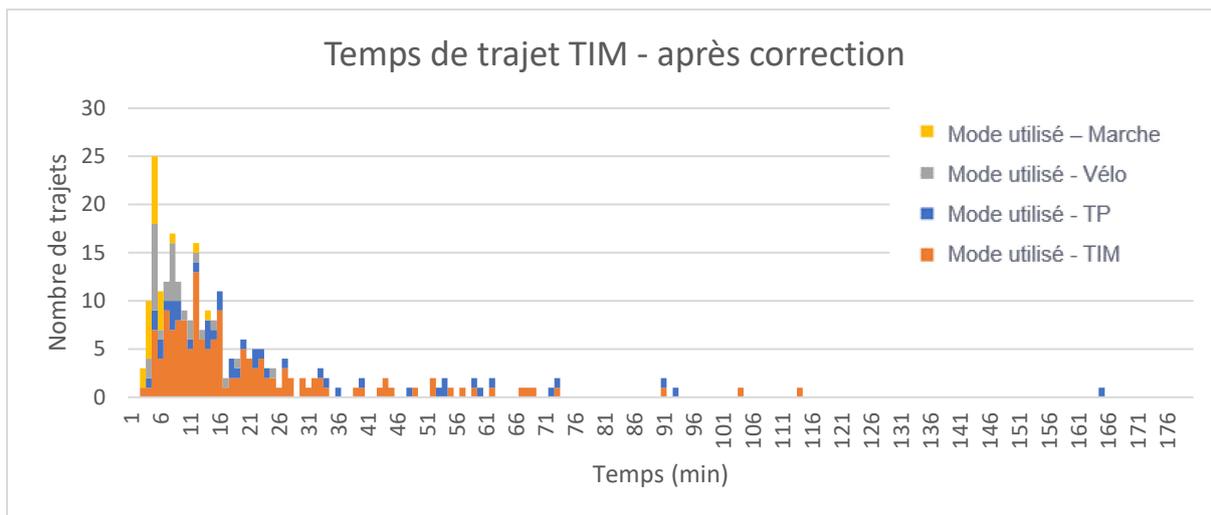


Figure 27 - Distribution du temps de trajet TIM après correction

12.1.1.a.2. Distribution du temps de trajet TP

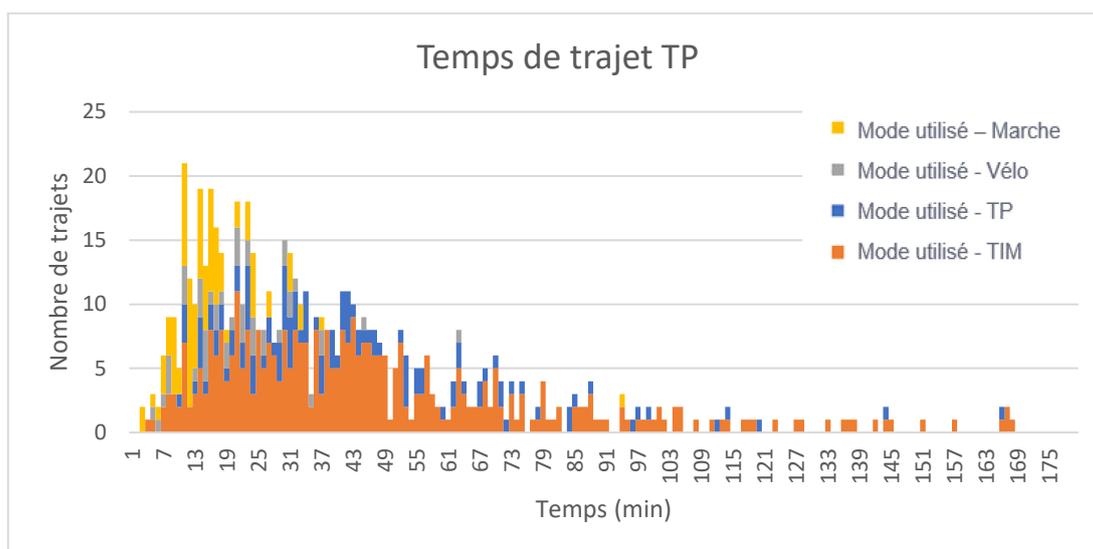


Figure 28 - Distribution du temps de trajet TP

Le temps de trajet TP correspond au temps porte-à-porte incluant le temps passé dans les modes TP, le temps de rabattement et le temps d'attente lors des transferts⁵⁴.

La distribution montre que les trajets alternatifs en TP présentent des temps réalistes. Les temps qui sont parfois très élevés, allant jusqu'à 3h de trajet, correspondent surtout aux déplacements des participants dont le mode utilisé était la voiture.

⁵⁴ L'analyse a été faite sur le temps total TP. L'outil de routage fournit le temps total TP. Pour calculer les variables dans les questionnaires, pour obtenir le temps passé dans le TP, le temps de rabattement et le temps de transfert sont soustraits.

12.1.1.a.3. Distribution du temps de rabattement TP

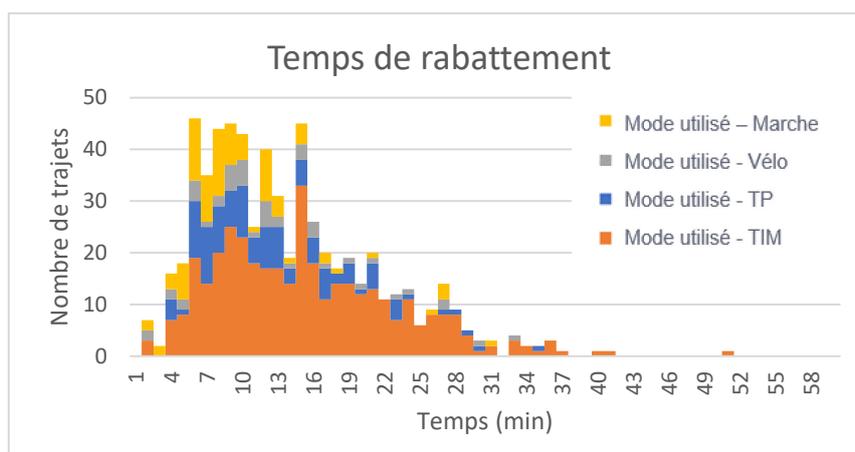


Figure 29 - Distribution du temps de rabattement TP

Le temps de rabattement correspond à la somme du temps de marche à l'origine du déplacement (vers l'arrêt de départ) et du temps de marche à la destination (depuis l'arrêt d'arrivée). Sa distribution est réaliste, avec des temps de rabattement allant principalement de 5 à 30 minutes. Les extrêmes montrent des rares cas de valeurs allant jusqu'à 40 et 50 minutes, qui sont effectivement rares dans la réalité mais possibles pour certaines OD.

12.1.1.1.B. DISTRIBUTION DES VARIABLES RELATIVES AU PRIX POUR LES TP

12.1.1.b.1. Distribution du prix tp plein tarif

L'outil de routage donne, pour les itinéraires TP trouvés, le prix au tarif plein et demi-tarif, correspondant au trajet. Le graphique ci-dessous montre la distribution des prix trouvés.

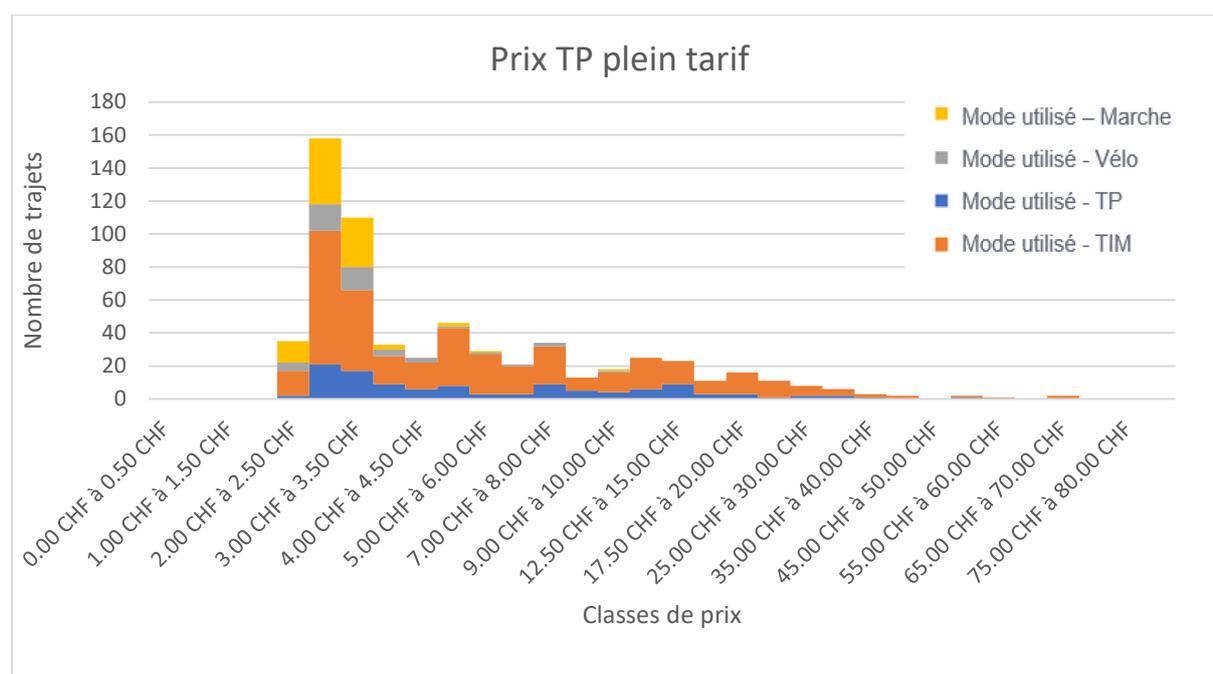


Figure 30 - Distribution du prix TP plein tarif

La distribution et les extrêmes semblent tout à fait réalistes, avec des déplacements coûtant au minimum 2 CHF, une grande part de déplacements entre 2 et 4 CHF (déplacements probablement urbains, en zone tarifaire unique), puis un étalement jusqu'aux prix d'environ 30 CHF, et quelques cas rares atteignant 70 CHF.

12.1.1.b.2. Distribution du prix tp ajusté

Cependant, les prix TP dans le questionnaire ne se basent pas sur les prix au tarif plein, mais sur les prix « ajustés », qui prennent en compte beaucoup de paramètres divers influençant le prix, notamment les différents abonnements en possession, la distance du trajet, les modes TP empruntés (bus, tram, métro, train), la typologie territoriale de l'origine et la destination (zone urbaine / zone rurale), l'heure de départ (pour l'abonnement seven25), et le motif.

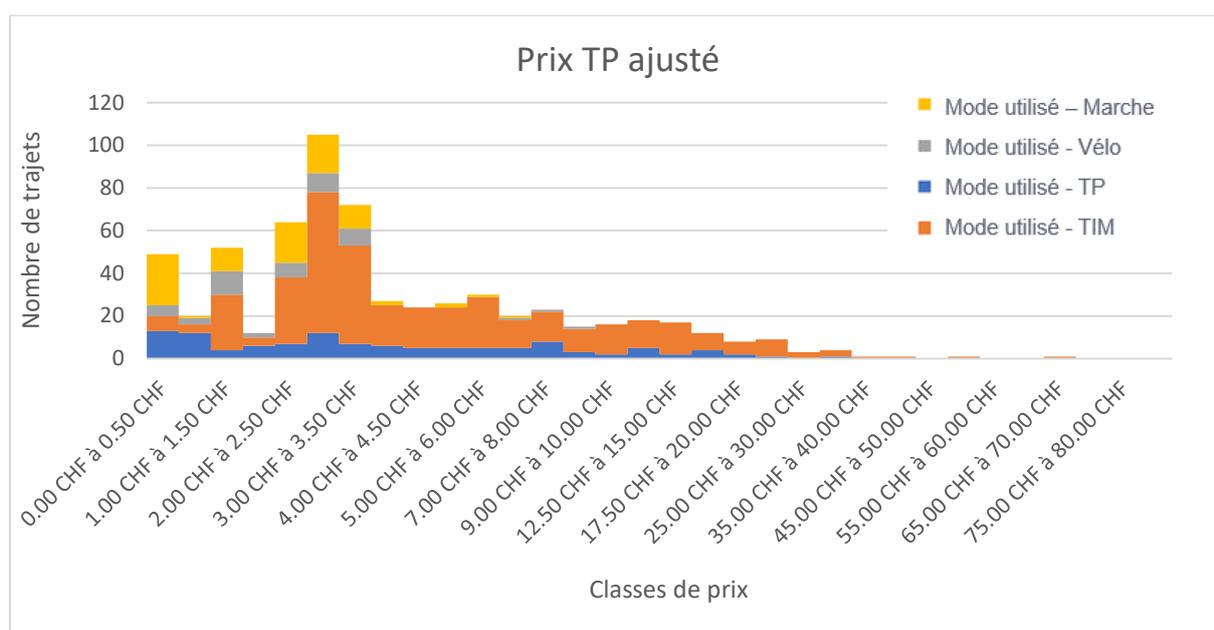


Figure 31 - Distribution du prix TP ajusté

La distribution des prix TP ajustés donne une image plus réaliste des prix qu'on considère effectivement payés par les usagers TP. On constate ainsi des prix de trajets inférieurs à 2 CHF, ce qui s'explique par des personnes possédant les abonnements forfaitaires (comme l'AG par exemple), pour qui le prix se calcule en fonction de la distance du trajet. La distribution obtenue paraît tout à fait plausible.

12.1.1.b.3. Distribution du prix tp horaire

Une autre manière d'analyser le prix est de le confronter au temps du trajet, pour évaluer le prix horaire. La distribution montre un nombre important de trajets avec un prix horaire entre 5 et 10 CHF/h. Les prix s'étalent principalement de 1 CHF/h à 25 CHF/h. Cet intervalle de valeurs est en gros cohérent avec les valeurs de temps pour les déplacements en Suisse, qui se situent entre 10 CHF/h et 30 CHF/h.

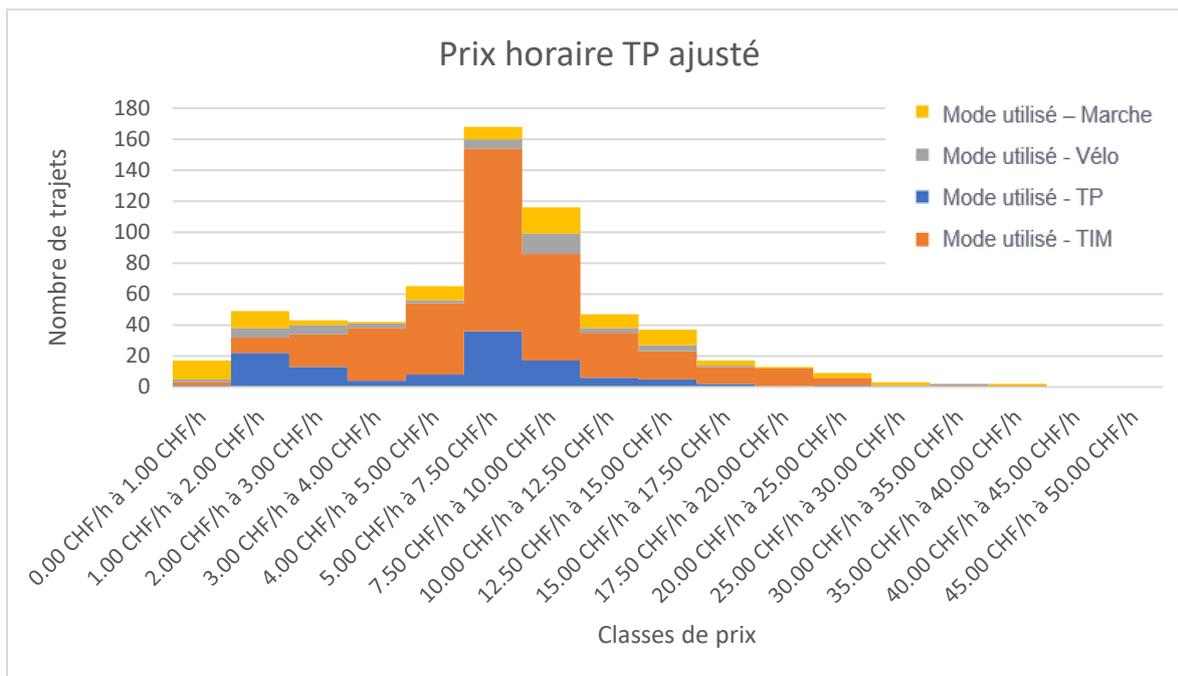


Figure 32 - Distribution du prix horaire TP ajusté

12.1.1.b.4. Distribution du prix tp kilométrique

La distribution du prix pour 10 km montre qu'un nombre important d'usagers TP (en bleu sur le graphique) paye un prix TP kilométrique entre 0,15 et 0,20 CHF/km. C'est cohérent avec le prix TP kilométrique pour les possesseurs d'abonnement forfaitaire, établi à 0,17 CHF/km. Un autre petit groupe d'usagers TP a un prix kilométrique allant de 0,50 à 0,70 CHF/km – il peut s'agir du prix trouvé pour les répondants n'ayant pas d'abonnement particulier et réalisant des trajets courts (payant par exemple 3 CHF pour 6 km). Pour les autres usagers, les prix TP kilométriques vont jusqu'à environ 3 CHF/ km. Cela peut correspondre à des déplacements très courts des participants sans abonnement.

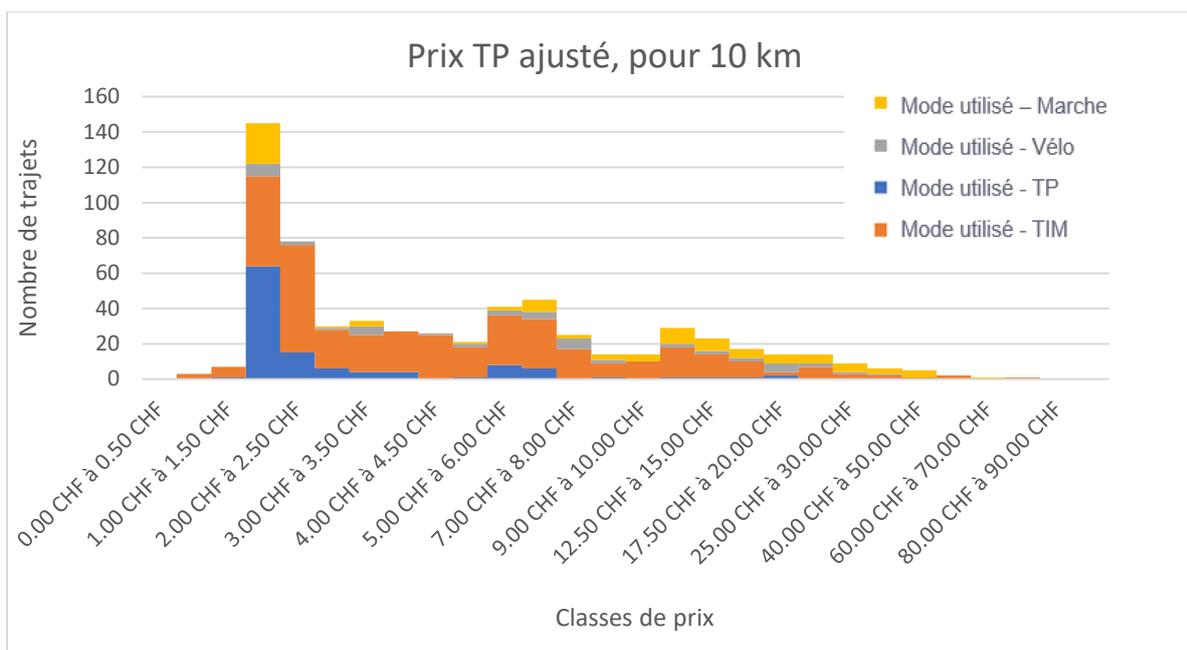


Figure 33 - Distribution du prix TP ajusté pour 10 km

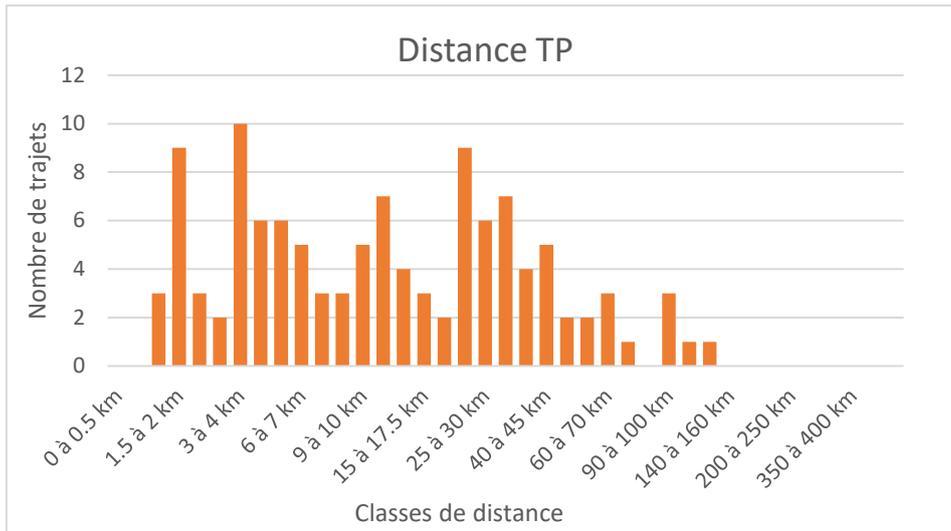


Figure 35 - Distribution de la distance des trajets TP des usagers TP

12.1.1.c.3. Distribution de la distance vélo

La distribution des distances des déplacements à vélo est cohérente – les distances vont de 0 à 8 km, avec quelques rares cas allant jusqu'à 18km.

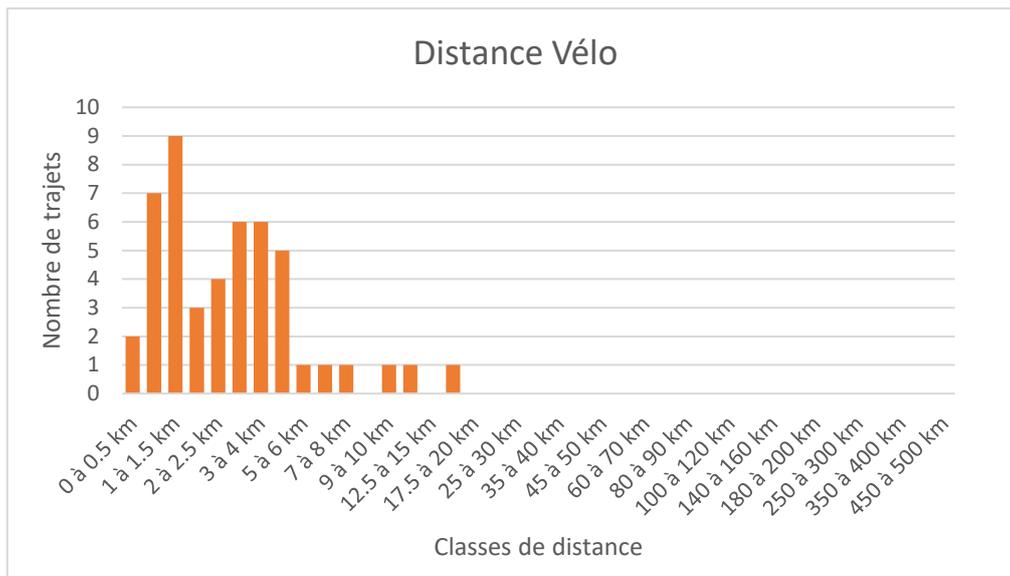


Figure 36 - Distribution de la distance des trajets Vélo des usagers Vélo

12.1.1.c.4. Distribution de la distance de Marche

Les distances des trajets à pied sont également cohérentes, concentrées sur des trajets inférieurs à 2 km (correspondant à moins de 30 minutes de marche), et quelques cas rares allant jusqu'à 5 km (1h de marche).

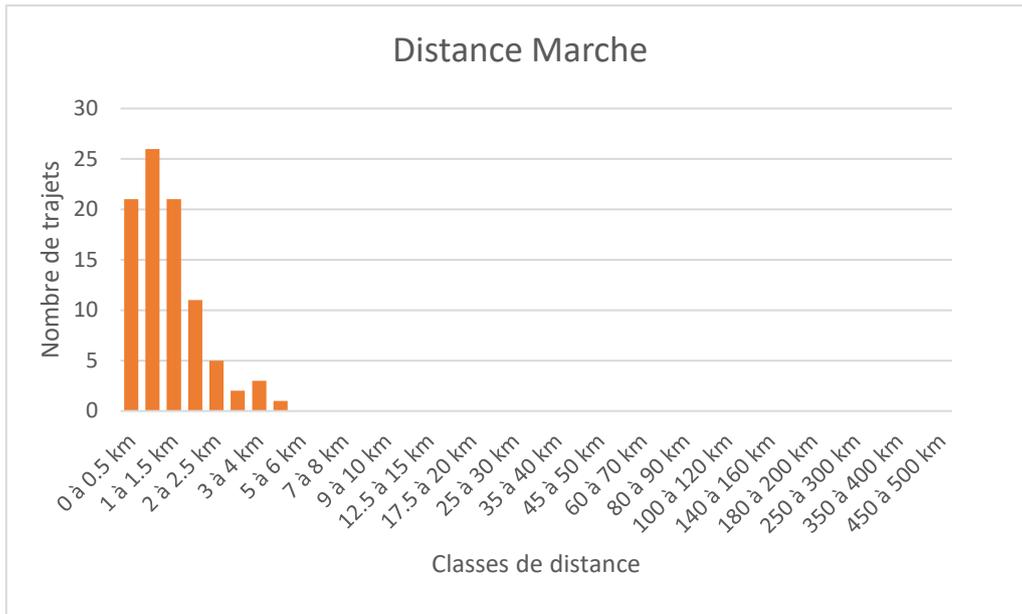


Figure 37 - Distribution de la distance Marche des usagers Marche

12.1.1.D. DISTRIBUTION DES VITESSES TIM ET TP

En confrontant le temps et la distance obtenus pour chaque trajet, on peut évaluer la vitesse moyenne de ceux-ci, qui est aussi un bon indicateur du réalisme des résultats fournis par l’outil de routage.

12.1.1.d.1. Distribution de la vitesse TIM

La distribution des vitesses pour les trajets en TIM montre un étalement assez homogène de 2,5 km/h à 70 km/h, avec un pic sur les vitesses entre 15 et 20 km/h. Les vitesses basses nous ont interpellées, car elles peuvent subvenir en cas de congestion, mais celle-ci ne nous semble pas être à ce point généralisée – il semble y avoir trop de déplacements avec une vitesse moyenne inférieure à 15 km/h.

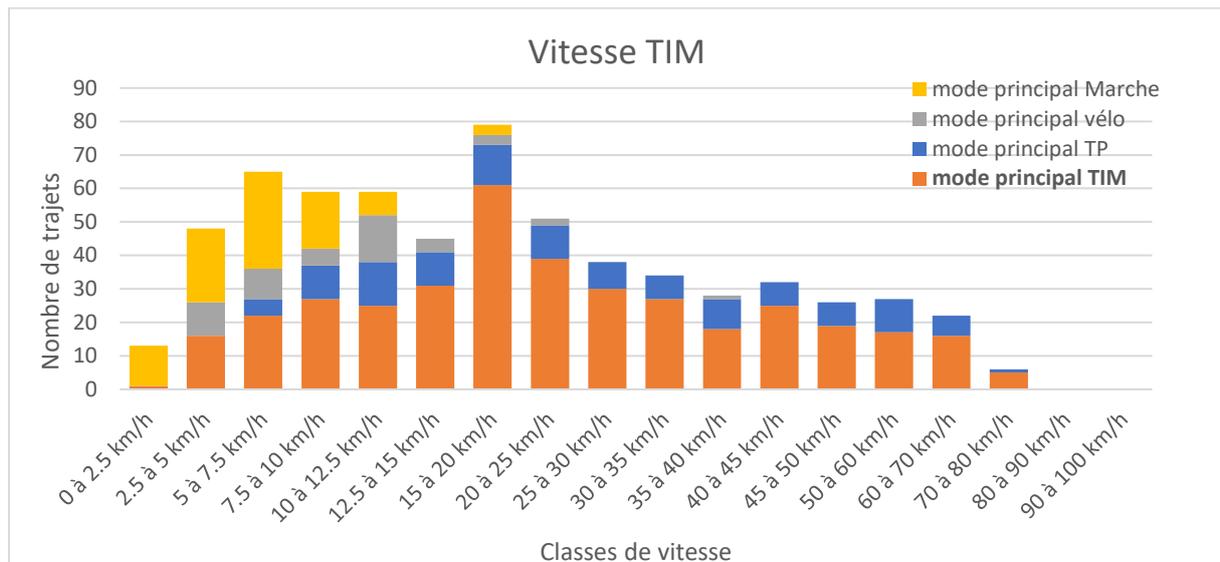


Figure 38 - Distribution de la vitesse TIM

L'analyse des temps de trajet en TIM obtenus avec l'outil, comme évoqué précédemment dans la section 12.1.1.a.1, explique cette distribution peu réaliste des vitesses. En effet, 10 minutes supplémentaires sont rajoutées aux temps de parcours effectifs dans un mode TIM. Ceci a un impact important sur les vitesses calculées pour les trajets courts, et impacte d'une moindre ampleur les trajets longs. Cette incohérence a donc été réglée, avec la correction du calcul du temps TIM dans l'outil, présentée dans la section 12.1.1.a.1.

12.1.1.d.2. Distribution de la Vitesse TP

Les vitesses TP sont calculées à partir de la distance des trajets TP (totale) et le temps en transport TP (temps porte-à-porte moins le temps de rabattement et le temps d'attente aux transferts). Il s'agit donc approximativement de la vitesse commerciale moyenne.

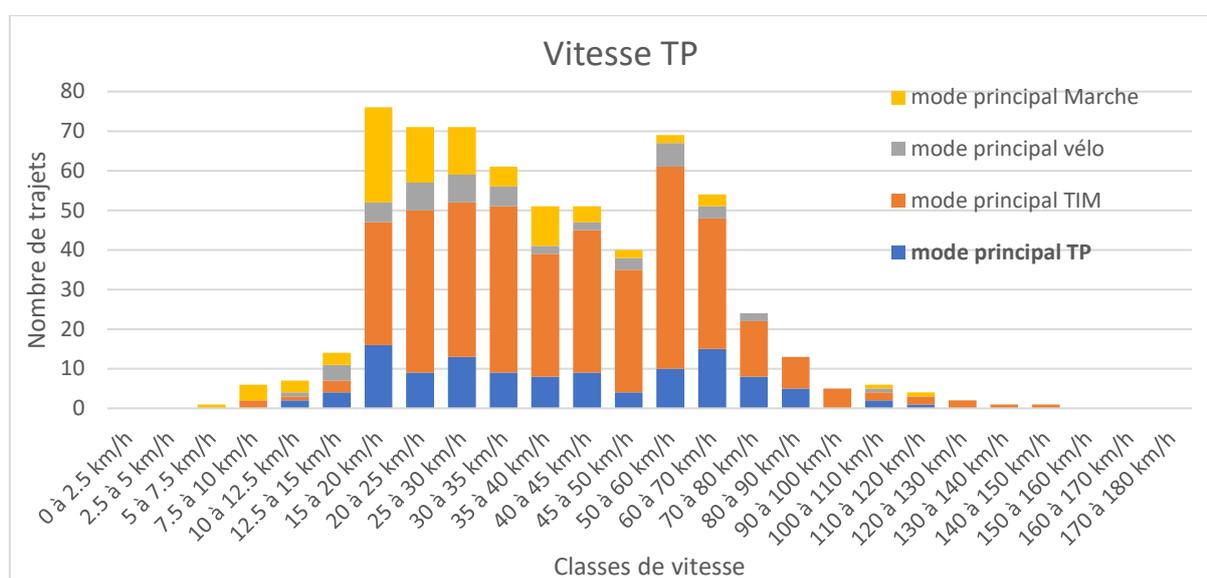


Figure 39 - Distribution de la vitesse TP

L'analyse montre que les vitesses se distribuent surtout entre 15 km/h et 70 km/h, avec quelques extrêmes qui descendent jusqu'à 5 km/h et montent jusqu'à 150 km/h. Globalement, les vitesses correspondent bien aux vitesses commerciales qu'on pourrait attendre des TP, avec des valeurs plus basses pour les modes urbains, moyennes pour des lignes de tram ou trains régionaux, et hautes pour les trains inter-régionaux, avec peu de correspondances. Les extrêmes trouvés sont possibles pour certains cas particuliers.

12.1.1.E. DISTRIBUTION DES ATTRIBUTS TP

L'outil de routage donne aussi le nombre de correspondances pour les itinéraires TP, ainsi que la fréquence. Les valeurs obtenues sont ensuite directement utilisées comme valeurs de référence pour calculer les valeurs à présenter dans les questionnaires SP.

12.1.1.e.1. Distribution du nombre de changements

La distribution des nombres de changement semble tout à fait réaliste, où le nombre d'itinéraires trouvés est d'autant plus faible que leur nombre de changements est élevé. Cela montre que les itinéraires

directs sont plus fréquents que les itinéraires à un changement, qui, dans la même suite logique, sont plus fréquents que les itinéraires à deux changements, et ainsi de suite.

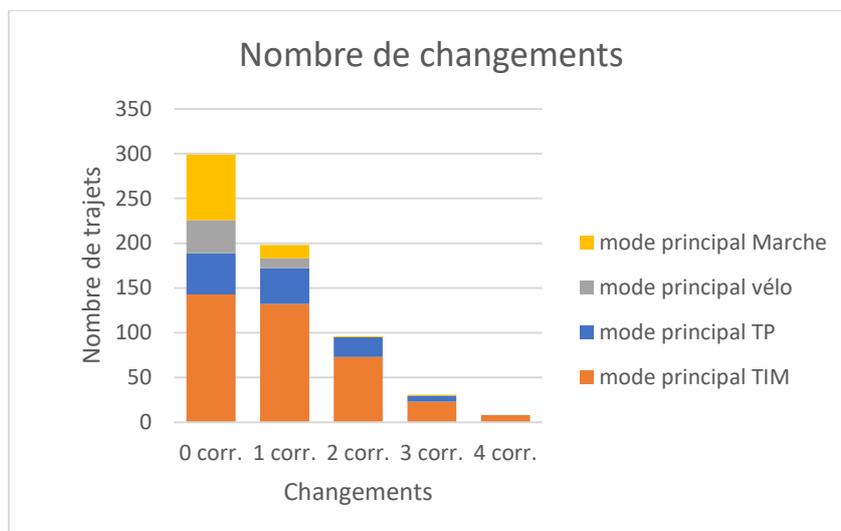


Figure 40 - Distribution du nombre de changements

On voit aussi que les usagers TP effectuent principalement des itinéraires à 0 ou 1 changements, quelques itinéraires avec 2 changements, et quelques rares cas avec 3 changements.

12.1.1.e.2. Distribution de la fréquence TP (intervalle de temps entre services)

La fréquence TP donnée par l'outil est censée être calculée en fonction du nombre d'itinéraires TP alternatifs, définis comme « acceptables » (avec un temps de trajet TP au maximum 30% plus élevé que le temps de trajet TP de l'itinéraire trouvé, et pas plus que 2 changements de plus que l'itinéraire trouvé), dans un créneau de 4 heures (de 2h avant à 2h après l'heure de départ). Sur la base de ce nombre est ensuite calculée la classe d'intervalle de temps entre les services TP.

La distribution obtenue présente des valeurs très incohérentes, avec des intervalles de temps trop élevés, principalement supérieurs ou égaux à 30 minutes, et avec un pic sur les intervalles de 120 minutes (classe maximum).

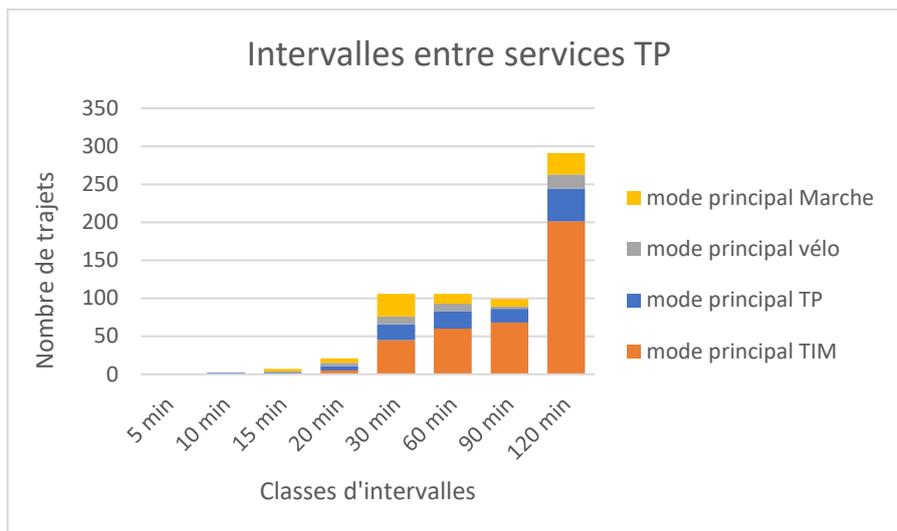


Figure 41 - Distribution de l'intervalle entre deux TP

Une recherche a donc été menée pour trouver les causes de cette incohérence et corriger le problème. **L'algorithme de l'outil de routage a été revu, et le problème a été trouvé et corrigé.**

En refaisant l'analyse, la nouvelle distribution est beaucoup plus réaliste. Le graphique ci-dessous présente la distribution de la fréquence obtenue sur l'une des vagues de juin-juillet. On constate que le nombre de trajets est désormais assez homogènement réparti entre les classes d'intervalles allant de 5 à 60 minutes, avec un fort pic sur les intervalles de 30 minutes, et quelques cas d'intervalles plus élevés – 90 minutes, et très rarement 120 minutes.

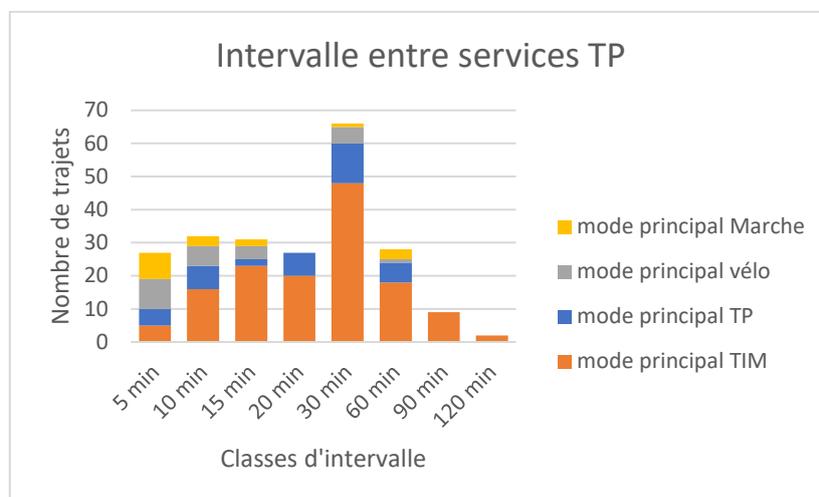


Figure 42 - Distribution de l'intervalle entre deux TP après correction

12.1.2. CONSTRUCTION DES QUESTIONS SP A PARTIR DES PLANS FACTORIELS

Les valeurs présentées dans les questions SP s'obtiennent suite à l'application des niveaux de variation (par exemple un pourcentage de variation : -20 %, + 20 %, ...) donnés par les plans factoriels. Il est donc important de contrôler que le processus d'application des niveaux est correct, et que les variations finales obtenues correspondent bien au design SP conçu.

Pour procéder à ce contrôle, plusieurs questionnaires générés, avec différents types de plans factoriels (l'idée étant de couvrir un grand nombre des cas possibles), ont été sélectionnés, pour que l'on vérifie en détail le processus de l'application des plans factoriels sur les valeurs de référence.

Cet exercice a permis de mettre en évidence certaines incohérences et de mettre le doigt sur quelques situations rares produisant des erreurs et des valeurs manquantes dans les questionnaires finaux.

12.1.2.A. ERREUR SUR LA CONDITION DE CONGESTION EN SP1 ET SP2

Pour chaque exercice SP, il existe plusieurs designs de plans factoriels, qui correspondent d'une part à des différentes combinaisons d'attributs présents dans les options (groupe d'attribut 1 et groupe d'attribut 2), et d'autre part se distinguent par les intervalles de variation de certains attributs, qui sont différents selon la classe de distance.

Tableau 68 - Sous-designs SP1

	Mode combinations	Attribute group	DistClass
1A	Marche-Vélo-TP	I	1
1B	Marche-Vélo-TP	II	1
1C	Marche-TIM-TP	I	1
1D	Marche-TIM-TP	II	1
1E	Vélo-TIM-TP	I	1
1F	Vélo-TIM-TP	II	1
1G	TIM-TP	I	2
1H	TIM-TP	I	3
1I	TIM-TP	II	2
1J	TIM-TP	II	3

Par conséquent, une étape essentielle dans l'application des designs des plans factoriels consiste à déterminer, pour chaque participant, le type de questionnaire, et le type de design SP qui doit lui être attribué. En contrôlant cette étape de programmation, une erreur a été remarquée pour ce qui était de la condition de la congestion, qui détermine si le questionnaire devrait présenter l'attribut « surcoût d'heure de pointe » dans les options SP ou pas. La condition est la suivante : il faut que le répondant ait voyagé durant une période de pointe (celle du matin ou celle du soir) et que l'origine ou la destination de son déplacement soit une commune de type territorial « urbain » ou « intermédiaire » (c'est-à-dire différent de « rural »).

En vérifiant le processus d'attribution de niveaux de plans factoriels, il a été remarqué qu'en SP1 (exercice sur le choix modal) la détermination de la valeur pour le « surcoût d'heure de pointe » se basait sur une condition de la congestion incomplète, avec uniquement le critère de la période temporelle, mais sans prendre en compte la typologie territoriale de l'origine et de la destination. Ainsi, les questionnaires des participants s'étant déplacés dans un territoire rural recevaient eux aussi un attribut de surcoût d'heure de pointe en SP1. Cette erreur ne concernait qu'une très faible part des questionnaires, et ne gênait pas particulièrement la réponse au questionnaire. Cette incohérence a été corrigée, afin que les questionnaires correspondent au design correct.

Tableau 69 - Sous-designs SP2

	Period	DistClass
2A	Peak (i.e. 3 attributes)	1
2B	Peak	2
2C	Peak	3
2D	Off-peak (i.e. 2 attributes)	1
2E	Off-peak	2
2F	Off-peak	3

Une autre incohérence de même type a été remarquée en SP2 (choix de l'itinéraire routier), pour l'attribution du sous-design de l'exercice SP2, où la condition de la congestion détermine le type de design, comme on peut le voir dans le tableau ci-dessus. De nouveau, l'attribution se basait sur une condition de la congestion incomplète, en fonction de la période de pointe uniquement. Certains questionnaires se sont donc retrouvés dans les groupes 2A, 2B et 2C par erreur.

L'attribution du niveau de variation pour le « surcoût d'heure de pointe » était cependant donnée en fonction de la condition de congestion correcte. Cela donnait lieu à des situations où la valeur de niveau de variation était parfois recherchée (design déterminé en tant que 2A, 2B ou 2C), mais pas trouvée (condition de congestion pas entièrement remplie), amenant à un niveau de variation multiplicatif de 0. Cette erreur engendrait pour certains questionnaires la présence d'un attribut « surcoût d'heure de pointe », avec une valeur affichée de 0,00- CHF pour cet attribut, dans toutes les options et toutes les questions du SP2. Ce problème a aussi été corrigé, afin que l'attribution du design SP et du « surcoût d'heure de pointe » soit programmée correctement.

12.1.2.B. ERREUR DE LIMITE INFÉRIEURE EN SP2

En analysant les valeurs obtenues pour les options de l'exercice SP2 (choix de l'itinéraire routier), nous avons remarqué que certaines valeurs de coût (« coût de base », ainsi que le « surcoût d'heure de pointe ») très basses étaient présentes, étant même parfois de 0,00- CHF. En parallèle, nous avons relevé plusieurs cas où le coût total de l'option A était le même que le coût total dans l'option B, sans qu'il y ait des variations entre les composants de coût entre A et B. Une analyse détaillée a permis de trouver qu'il s'agissait d'une erreur dans la formule définissant la limite inférieure de la valeur de référence pour le coût. En effet, une limite était prévue, pour que l'application des niveaux, suivi de l'arrondi au dixième (0,12- CHF arrondis à 0,10-CHF), procure toujours des valeurs distinctes dans les options A et B, même avec un très petit écart de variation. Ce problème touchait surtout les trajets très courts, dont le coût kilométrique calculé était très faible.

La formulation de la limite inférieure a été corrigée, rehaussant ainsi les coûts en SP2 et éliminant tous les cas de figure où les composants de coût dans l'option A étaient complètement identiques aux composants de coût dans l'option B.

12.1.2.C. VALEURS FINALES AFFICHANT DES ERREURS

En analysant les valeurs finales obtenues, nous avons remarqué qu'en SP4 (choix de l'heure de départ), dans quelques rares cas, les valeurs trouvées indiquaient des « erreurs », pour des options « TIM », ainsi que pour des options « TP ».

En investiguant le problème pour les options TIM, une erreur de formule a été trouvée – le motif « accompagnement », rajouté dans la programmation des questionnaires avant le Pré-test 2, n'était pas pris en compte pour la formule qui calculait le temps de stationnement en voiture. Si cette erreur s'est vue en SP4, c'est parce que le temps de trajet TIM affiché dans cet exercice SP est un temps porte-à-porte. On y inclut donc le temps de stationnement. Dans les cas où le motif de la personne était « Accompagnement », le calcul ne fonctionnait pas, et une erreur s'affichait. **Le calcul du temps de stationnement a donc été corrigé, de sorte à prendre en compte le motif « accompagnement », donnant lieu à 0 minutes de temps de stationnement.**

Pour les options TP, le problème était lié aux personnes ayant comme mode principal le « funiculaire », et n'ayant pas emprunté d'autres modes TP. Dans ce cas, le calcul du type de chemin (TP urbain, TP rail ou TP mixte), qui se base sur une analyse des modes TP empruntés présentés, ne fonctionnait pas. Le coût ne pouvait pas être calculé non plus, ce qui résultait en une valeur d'erreur. **Ce problème a été corrigé, en faisant figurer le mode principal TP trouvé dans la liste des modes TP empruntés. Les coûts TP ont donc pu se calculer correctement pour ces rares cas.**

En plus des corrections mentionnées ci-dessus, afin d'éviter des valeurs d'erreur lors de la génération des questionnaires, une vérification automatique a été programmée qui permet de détecter la présence des valeurs affichant des erreurs. Cette vérification très rapide a été par la suite effectuée lors de chaque génération de questionnaires (dans la période de juin-juillet), et aucune autre « erreur » n'a été détectée.

12.1.3. TRADERS / NON-TRADERS

Les résultats du pré-test 2 ont permis de procéder à une analyse sur les réponses des participants aux questions SP, notamment l'identification des *non-traders*. Il s'agit des répondants qui choisissent toujours le même mode ou, dans le cas d'un exercice intra-modal, choisissent toujours l'option la moins chère ou la plus rapide : ils ne font pas vraiment de trade-offs (arbitrages) entre les attributs proposés et apportent peu d'information pour l'estimation des modèles. Il est cependant normal d'avoir des non-traders, mais il est important de s'assurer qu'il n'y en ait pas en excès, et de voir s'il est possible, au niveau du design, de réduire le taux des non-traders (par exemple en proposant des options plus chères).

Le graphique ci-dessous présente les taux de non-traders obtenus lors de l'enquête SP 2015, pour l'exercice du choix modal équivalent au SP1 (*Verkehrsmittelwahl*), et l'exercice d'itinéraire routier équivalent au SP2 (*Routenwahl*).

Abbildung 11 Non-Trading in den SP-Experimenten

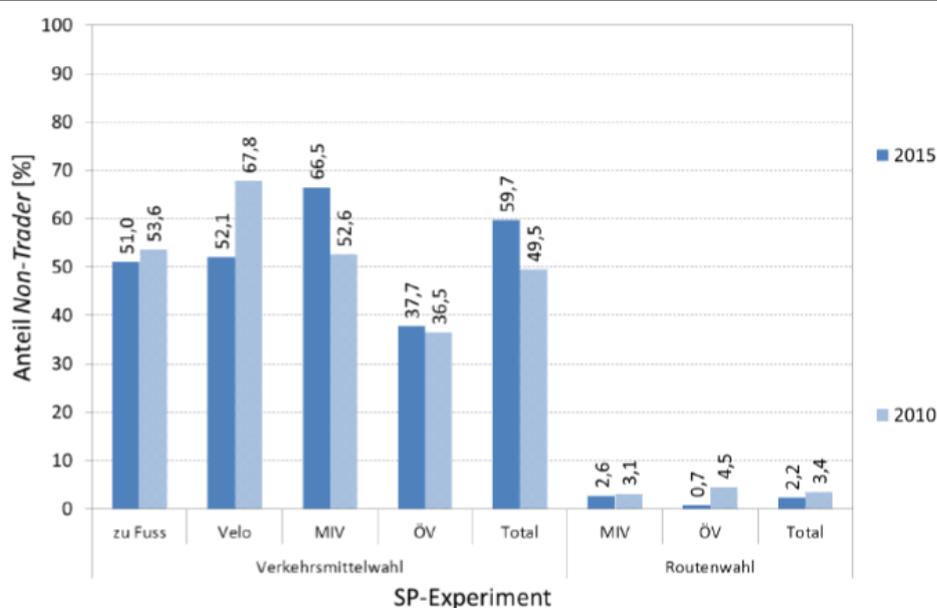


Figure 43 - Taux de non-traders en SP1 et SP2 lors de l'enquête SP 2015

12.1.3.A. NON-TRADERS SP1

Pour l'exercice SP1 (choix modal), les résultats du Pré-test 2 montrent un taux de 53% de répondants, ayant, pour toutes les 6 questions, toujours choisi le même mode. C'est un ordre de grandeur proche des résultats de l'enquête SP 2015, présentant 60% de non-traders SP1. Le tableau ci-dessous montre les taux en fonction du mode actuel des répondants, utilisé pour réaliser le trajet décrit dans l'enquête. On voit ainsi, que le comportement de non-traders est particulièrement fort chez les usagers du vélo (66%) et les usagers de la voiture (56%).

Tableau 70 - Non-traders SP1 par mode actuel et par mode toujours choisi

Analyse non-traders SP1 par mode actuel		Part répondants (%)	Nombre de non-traders					Part N-T %
mode actuel	Réponses SP1		TIM	TP	Vélo	Marche	Total	
TIM	224	62%	111	2	7	6	126	56%
TP	55	15%	2	18	4	0	24	44%
Vélo	32	9%	0	0	21	0	21	66%
Marche	48	13%	0	3	1	16	20	42%
Total	359	100%	113	23	33	22	191	53%

On constate aussi qu'il existe des cas où une personne a toujours choisi un mode différent de son mode actuel. Une analyse plus détaillée a montré que pour les usagers voiture, cela correspondait notamment à des cas où, pour les trajets courts, le trajet en voiture présentait des temps entre 10 et 15 minutes, très similaires aux temps présentés dans les options Marche ou Vélo, voire parfois plus longs. Ceci était dû, comme l'a montré l'analyse dans la section 12.1.1.a.1, aux 10 minutes supplémentaires ajoutées

au temps effectif du trajet en TIM. Ces cas de figure ne devraient donc plus se reproduire dans les prochaines vagues d'enquête.

Pour les usagers TP et Marche ayant toujours choisi un mode différent de leur mode actuel, l'analyse détaillée a montré que les choix semblaient plausibles. Cela pourrait vouloir dire que le mode réellement utilisé par le répondant était un choix contraint, et que dans d'autres circonstances il aurait choisi de se déplacer avec le mode qu'il a toujours choisi en répondant à l'enquête du Pré-test 2.

Les résultats sont globalement satisfaisants, et il a donc été décidé de garder le design du SP1, tel qu'il est actuellement.

12.1.3.B. NON-TRADERS SP2

Les résultats du SP2 (choix de l'itinéraire routier) présentent un taux de 25% de non-traders choisissant toujours l'itinéraire le plus rapide, et 4% choisissant toujours le moins cher. Le taux de 25% est très élevé comparé aux résultats de l'enquête SP 2015, ce qui nous a amené à effectuer une analyse détaillée.

Tableau 71 - Non-traders SP2

Analyse non-traders SP2		Nombre	Taux %
Non-traders	"plus rapide"	56	25.0%
	"moins cher"	8	3.6%
	Total	64	28.6%
Répondants	Total SP2	224	100.0%

Les incohérences trouvées précédemment, lors de l'analyse de l'application des plans factoriels, peuvent être à l'origine de ces taux de non-traders élevés, notamment le problème de la limite inférieure pour le coût, qui ne fonctionnait pas, décrit dans la section 12.1.2.b. En effet, cela produit des options où le coût est plus faible que prévu, ce qui facilite le choix de l'itinéraire plus rapide, mais plus cher. Par ailleurs, le temps TIM présenté pour les trajets courts était lui aussi trop élevé, comparé au trajet réel (avec l'ajout de 10 minutes supplémentaires), ce qui crée un gain de temps encore plus conséquent, pour une variation de coût, au contraire, trop faible.

Les corrections évoqués dans les sections 12.1.1.a.1 et 12.1.2.b devraient donc permettre de baisser de manière conséquente le taux de non-traders de l'option « la plus rapide », pour le SP2. De plus, par précaution, et parce que le taux de non-traders pour le « moins cher » est de l'ordre de 4% au lieu de 2% comme dans l'enquête SP 2015, un ajustement des niveaux pour les designs SP2 a été réalisé. Cela a consisté à allonger légèrement les intervalles de variation appliqués.

12.1.3.C. NON-TRADERS SP3

L'exercice de SP3 (choix d'itinéraire TP) ne permet pas d'identifier de manière sûre les comportements de type non-trader, car des attributs très différents varient d'une question à une autre et aucune option ne peut être considérée comme « meilleure sur tous les aspects » pour tous les types d'usager.

Toutefois, il est possible de trouver des cas où toutes les réponses choisies correspondaient à la meilleure option en termes d'un seul des attributs présents, par exemple : le temps de trajet, le prix, le nombre de correspondances, la fréquence et la charge de fréquentation. Les répondants présentant ce type de réponses peuvent être des non-traders, s'ils ont vraiment fait le choix en fonction d'un attribut spécifique uniquement.

Tableau 72 - Non-traders SP3

Analyse non-traders SP3		Répondants	"Non-traders"	Taux %
Temps	"plus rapide"	67	11	16.4%
Prix	"moins cher"	67	0	0.0%
Correspondances	"moins de correspondances"	37	5	13.5%
Fréquence	"plus fréquent"	30	4	13.3%
Charge	"moins chargé"	30	1	3.3%

Le taux d'éventuels non-traders est acceptable, surtout si on considère que les pourcentages calculés peuvent ne pas relever d'un réel comportement d'absence d'arbitrage dans les choix. Cette analyse suggère donc que le design des plans factoriels pour l'exercice SP3 est satisfaisant.

12.1.3.D. NON-TRADERS SP4

Dans l'exercice SP4 (choix de l'heure de départ), le comportement « non-trader » correspond à des cas où un répondant aurait toujours choisi le même type d'option, parmi les 3 suivantes :

- Option A : partir à la même heure de départ avec le mode actuel, et payer le surcoût d'heure de pointe
- Option B : partir à une heure de départ décalée avec le mode actuel, et ne pas payer de surcoût d'heure de pointe
- Option C : partir à la même heure de départ avec un autre mode (TP ou TIM), et payer le surcoût d'heure de pointe

Tableau 73 - Non-traders SP4, par type de combinaison d'options proposées

Analyse non-traders SP4 par options proposés			Nombre de non-traders				
Combinaison	Réponses SP4	Taux (%)	Option A	Option B	Option C	Total	Taux (%)
A-TIM / B-TIM / C-TP	55	73.33%	3	13	2	18	32.7%
A-TP / B-TP / C-TIM	15	20.00%	2	0	0	2	13.3%
A-TP / B-TP	5	6.67%	1	1	0	2	40.0%
Total	75	100.00%	6	14	2	22	29.3%
			8.0%	18.7%	2.7%	29.3%	

Les résultats permettent de constater que le taux de non-traders total est d'environ 29%. Il est aussi intéressant de remarquer qu'une part importante de réponses de non-traders consiste en situations où les usagers TIM choisissent toujours de décaler leur heure de départ pour ne pas payer le surcoût d'heure de pointe. Ce comportement semble tout à fait réaliste. On peut donc conclure que le design du SP4 fonctionne correctement.

12.1.4. SELECTION DES DEPLACEMENTS DE REFERENCE

L'une des premières étapes dans la préparation des questionnaires est la sélection du déplacement de référence pour chaque participant sur la base des déplacements qu'il a décrits lors de l'enquête MRMT. La sélection du déplacement s'appuie sur plusieurs règles de priorité, qui sont établies de manière à obtenir un échantillon présentant en nombre suffisant des déplacements de différents types (notamment de différents motifs, classes de distances et de modes utilisés) pour pouvoir estimer ultérieurement les modèles le plus robustes possible.

12.1.4.A. METHODE DE SELECTION DES DEPLACEMENTS DU PRE-TEST 2

La méthode de sélection conçue s'inspire de la méthode employée pour l'enquête SP 2015. Cet algorithme donne la priorité d'une part à certains motifs de déplacement et d'autre part aux déplacements longs, qui sont moins nombreux dans la réalité mais sont plus intéressants pour l'estimation future des modèles⁵⁵.

Lors de la conception de l'algorithme, d'autres règles ont été testées, notamment pour prioriser les déplacements vérifiant la condition de la congestion, qui est une caractéristique nouvelle, qui n'était pas présente en 2015, et nécessaire pour administrer l'exercice SP4. Cependant, les règles testées n'ont pas été retenues, car elles amenaient à une augmentation trop forte du nombre de déplacements pour le motif « Travail », et parce que même sans ces règles, la part des déplacements répondant au critère de la congestion était satisfaisante.

La *Figure 44* présente l'algorithme de la méthode de sélection définie pour le Pré-test 2.

⁵⁵ Les déplacements courts et très courts sont caractérisés, par définition, par des temps et des coûts faibles, et donc, les différences entre options A et B sont faibles aussi. Or il est intéressant pour l'estimation des paramètres des modèles d'avoir suffisamment de réponses sur des options présentant des différences plus grandes entre elles.

Procédure de sélection des déplacements

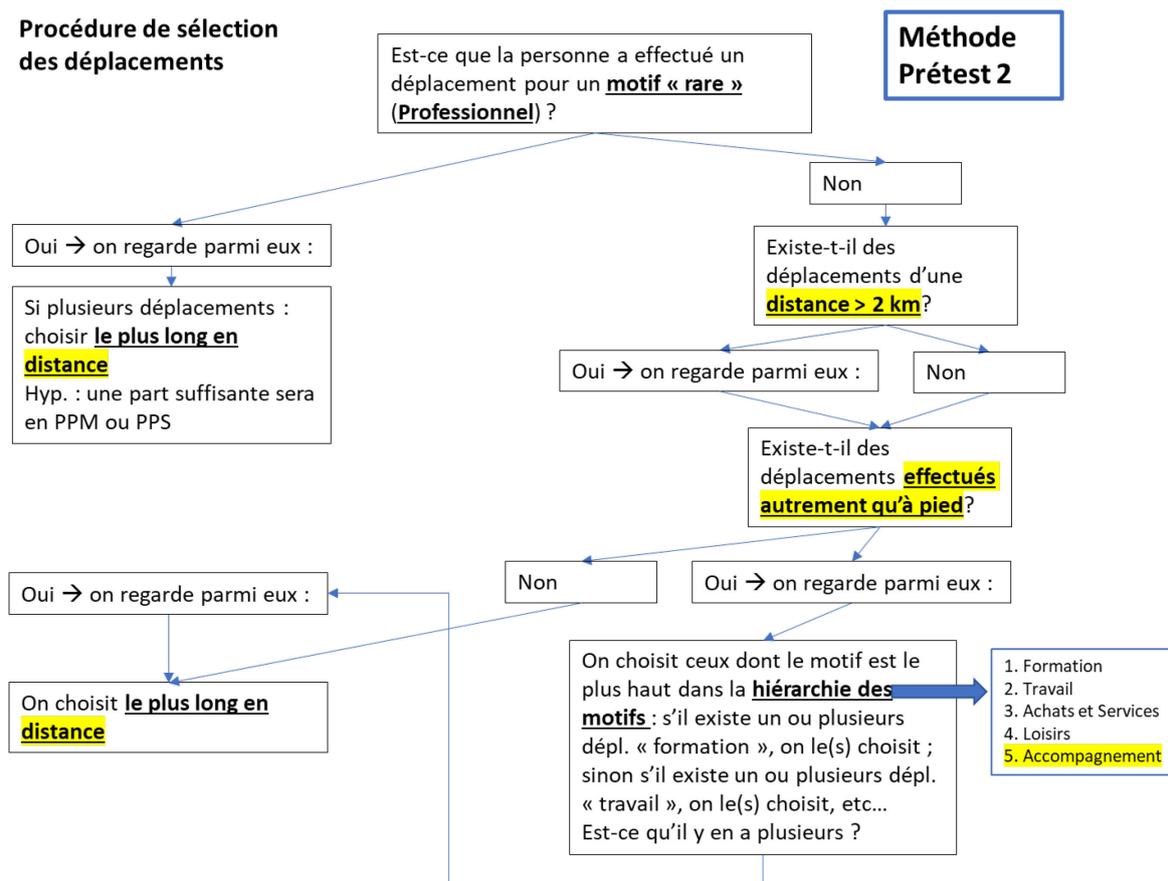


Figure 44 - Schéma de l'algorithme de sélection de déplacement pour le Pré-test 2

Comme le montre le schéma, l'algorithme vise à prendre en priorité les déplacements pour motif « Professionnels » (qui sont rares), et choisir le plus long parmi eux s'il y en a plusieurs. Puis, la priorité porte sur les déplacements supérieurs à 2 kilomètres, effectués autrement qu'à pied – s'il y en a, on regarde parmi eux, sinon on regarde parmi tous les déplacements. Le choix se porte ensuite sur ceux qui ont le motif le plus prioritaire dans la hiérarchie suivante : 1) Formation, 2) Travail, 3) Achats et Services, 4) Loisirs, et 5) Accompagnement. On regarde parmi eux et on choisit le plus long.

12.1.4.B. ANALYSE DE L'ÉCHANTILLON DU PRE-TEST 2

Les questionnaires générés lors du Pré-test 2 se basent en tout premier lieu sur les données reçues de l'enquête MRMT. L'analyse des déplacements figurant dans ces données permet déjà, avant même la sélection des déplacements de référence, de voir comment les déplacements se répartissent selon des caractéristiques-clés qui sont : le motif, la classe de distance, le mode utilisé et la condition de la congestion. La combinaison de ces caractéristiques constitue ce qui est appelé par la suite le « type » de déplacement.

La même analyse est ensuite faite sur l'échantillon final obtenu, contenant uniquement les déplacements sélectionnés après application de l'algorithme.

12.1.4.b.1. Nombre de déplacements avant la sélection

Le *Tableau 81* montre, pour chaque type de déplacement (selon le motif, la classe de distance, le mode et le critère de la congestion), le nombre de répondants dans l'échantillon du MRMT reçu, avec au moins un déplacement de type correspondant.

Tableau 74- Nombre de répondants pour des différents types de déplacements, avant la sélection

Distance	Mode actuel	Conditions SP4	Travail	Formation	Achats et Services	Pro	Loisirs	Accompagnement
Court	Marche	-	24	1	69	0	41	9
Court	Vélo	-	14	1	21	1	13	1
Court	TP	Non	10	0	11	0	7	1
Court	TIM	Non	43	2	81	5	61	20
Court	TP	Oui	7	2	5	0	5	1
Court	TIM	Oui	19	2	30	2	22	10
Long	TP	Non	5	3	3	1	5	1
Long	TIM	Non	27	2	26	4	36	4
Long	TP	Oui	8	1	1	1	1	0
Long	TIM	Oui	17	1	7	1	18	3

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau d'analyse ci-dessous.

Tableau 75 - Analyse des déplacements avant la sélection, par motif et critère clé

		Travail	Formation	Achats et Services	Pro	Loisirs	Accompagnement	Tous motifs
Congestion	Oui	51	6	43	4	46	14	164
	Non	85	7	121	10	109	26	358
	-	38	2	90	1	54	10	195
Mode principal	Marche	24	1	69	0	41	9	144
	Vélo	14	1	21	1	13	1	51
	TP	30	6	20	2	18	3	79
	TIM	106	7	144	12	137	37	443
Distance	Court	117	8	217	8	149	42	541
	Long	57	7	37	7	60	8	176
Total		174	15	254	15	209	50	717

On observe que le nombre de répondants avec des déplacements pour motifs « Professionnel », « Formation » et « Accompagnement » est très faible. Il n'est pas prévu de construire de modèle de choix spécifique pour le motif « Accompagnement », donc le nombre faible pour ce motif-là n'est pas un problème. Cependant, pour les motifs « Professionnel » et « Formation », l'algorithme de sélection devrait aider à en récolter le maximum possible.

Le tableau suivant présente les parts de déplacements, pour chaque motif, selon les critères analysés. On peut constater que la part de répondants avec les déplacements à pied constitue 20%, et que la part des répondants ayant des déplacements courts (inférieurs à 10 kilomètres) est de 75%. Les

déplacements courts sont donc largement majoritaires, ce qui n'est pas l'objectif recherché. Ceci pourrait être dû à une mobilité perturbée par la crise sanitaire en cours pendant l'enquête. La méthode de sélection devrait néanmoins pouvoir augmenter, au moins dans une certaine mesure, la part des déplacements longs, et réduire la part des déplacements à pied, qui sont moins intéressants pour l'estimation des modèles.

Tableau 76 - Analyse des parts de déplacements répondants aux critères clé, par motif, avant la sélection

		Achats et					Tous motifs	
		Travail	Formation	Services	Pro	Loisirs		Accompagnement
Congestion	Oui	29%	40%	17%	27%	22%	28%	23%
	Non	49%	47%	48%	67%	52%	52%	50%
	-	22%	13%	35%	7%	26%	20%	27%
Mode principal	Marche	14%	7%	27%	0%	20%	18%	20%
	Vélo	8%	7%	8%	7%	6%	2%	7%
	TP	17%	40%	8%	13%	9%	6%	11%
	TIM	61%	47%	57%	80%	66%	74%	62%
Distance	Court	67%	53%	85%	53%	71%	84%	75%
	Long	33%	47%	15%	47%	29%	16%	25%
	Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

12.1.4.b.2. Comparaison entre « avant » et « après » la sélection

Les tableaux suivants présentent une analyse similaire à la précédente, mais effectuée sur l'échantillon de déplacements obtenus après la sélection de déplacements de référence.

Tableau 77 - Analyse des déplacements après la sélection, par motif et critère clé

		Achats et					Tous motifs	
		Travail	Formation	Services	Pro	Loisirs		Accompagnement
Congestion	Oui	28	6	18	2	19	3	76
	Non	65	1	70	7	50	6	199
	-	16	1	43	1	14	4	79
Mode principal	Marche	6	0	29	0	8	4	47
	Vélo	10	1	14	1	6	0	32
	TP	24	4	12	2	10	2	54
	TIM	69	3	76	7	59	7	221
Distance	Court	63	5	109	4	55	11	247
	Long	46	3	22	6	28	2	107
	Total	109	8	131	10	83	13	354

Tableau 78 - Analyse des parts de déplacements répondants aux critères clé, par motif, après la sélection

		Achats et					Tous motifs	
		Travail	Formation	Services	Pro	Loisirs		Accompagnement
Congestion	Oui	26%	75%	14%	20%	23%	23%	21%
	Non	60%	13%	53%	70%	60%	46%	56%
	-	15%	13%	33%	10%	17%	31%	22%
Mode principal	Marche	6%	0%	22%	0%	10%	31%	13%
	Vélo	9%	13%	11%	10%	7%	0%	9%
	TP	22%	50%	9%	20%	12%	15%	15%
	TIM	63%	38%	58%	70%	71%	54%	62%
Distance	Court	58%	63%	83%	40%	66%	85%	70%
	Long	42%	38%	17%	60%	34%	15%	30%
Total		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

On constate que l'algorithme de la sélection de déplacements permet effectivement de réduire la part des déplacements courts, comme on peut le voir dans la *Figure 45*. La méthode permet de passer de 25% à 30% de déplacements longs, et de 20% à 13% de déplacements à pied.

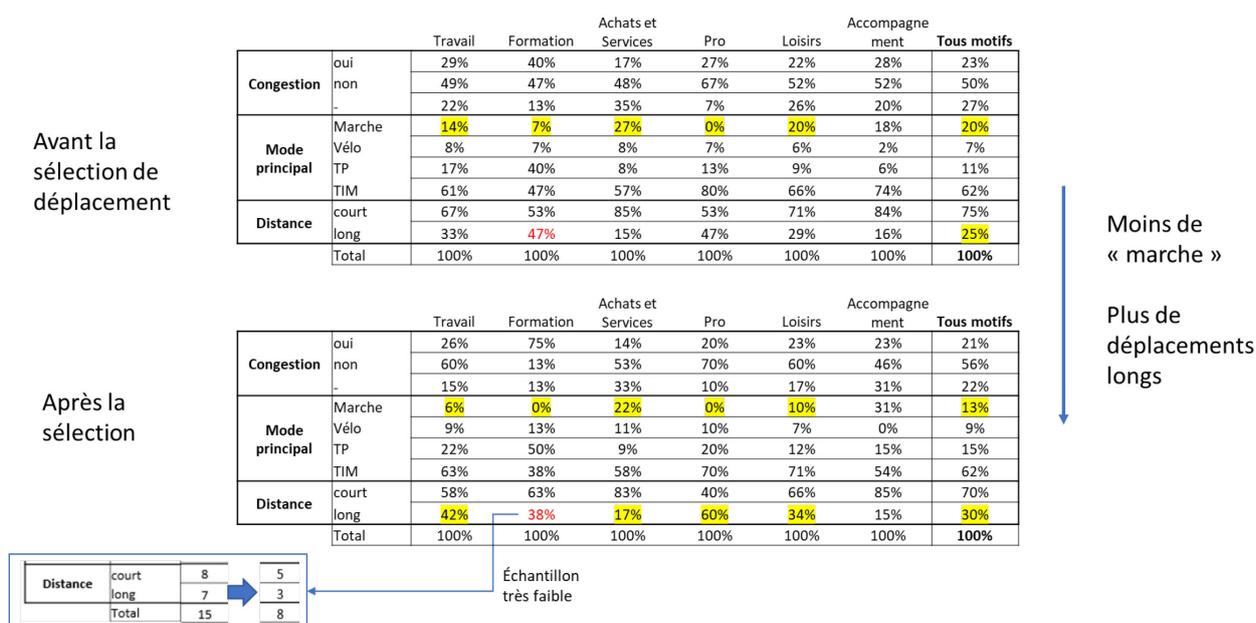


Figure 45 - Comparaison des parts de déplacements, entre "avant" et "après" la sélection

Cependant, pour essayer de recueillir davantage de déplacements longs dans l'échantillon SP, il a été décidé d'adapter la méthode de sélection, pour donner plus la priorité aux déplacements correspondant au type « long », c'est-à-dire supérieurs à 10 kilomètres.

Une comparaison des nombres de déplacement obtenus par motif, avant et après la sélection (*Figure 45*), montre que la part des déplacements pour le motif « Travail » et « Professionnel » est augmentée, alors que la part des déplacements pour les motifs « Loisirs » et « Accompagnement » a baissé.

Tableau 79 - Comparaison du nombre et de la part des déplacements par motif, entre "avant" et "après" la sélection

	Avant la sélection		Après la sélection		delta(%-%)
	dépl.	part %	dépl.	part %	
Travail	174	24%	109	31%	7%
Formation	15	2%	8	2%	0%
Achats et Services	254	35%	131	37%	2%
Pro	15	2%	10	3%	1%
Loisirs	209	29%	83	23%	-6%
Accompagnement	50	7%	13	4%	-3%
Total	717	100%	354	100%	

Le nombre et la part des déplacements pour le motif « Formation » sont encore très faibles. Ceci est déjà le cas dans l'échantillon de base, récolté pourtant sur une période hors vacances scolaires. En considérant les données du MRMT 2015, on trouve effectivement que le motif « Formation » représente une part de déplacements assez faible – 7% en 2015, mais qui est pourtant plus élevée que dans l'échantillon recueilli lors du Pré-test 2. Cette faible mobilité des étudiants et scolaires pourrait aussi être en partie due aux mesures restrictives mises en place à cause de la crise sanitaire.

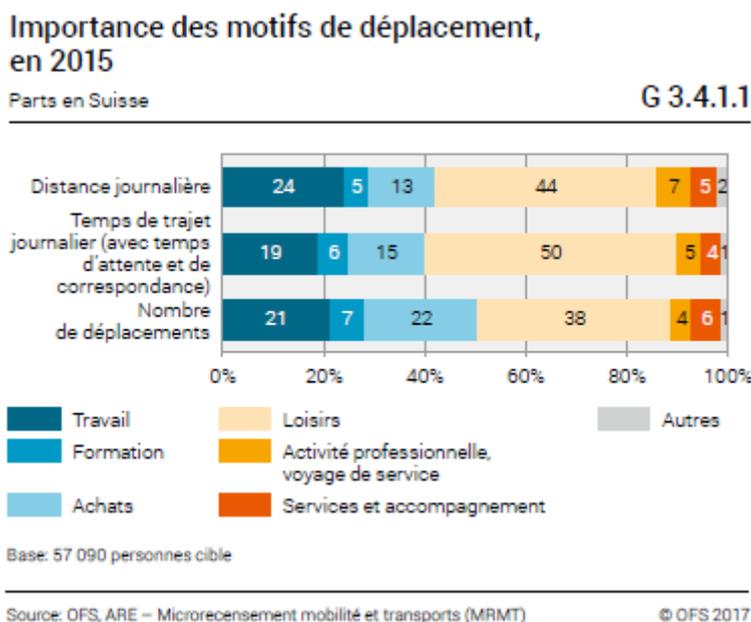


Figure 46 - Parts des déplacements par motif, en Suisse, en 2015

Afin de récolter un nombre plus important de déplacements pour motif « Formation » dans l'enquête SP, l'algorithme sera modifié pour la vague d'enquête de septembre et les vagues suivantes et plus de priorité sera donnée au motif « Formation » dans la méthode de sélection.

Le schéma ci-dessous présente la nouvelle méthode de sélection mise en place pour les vagues de juin-juillet. Le rehaussement de la priorité du motif « Formation » n'y figure pas encore, car les enquêtes d'été ont lieu principalement durant les périodes de vacances scolaires.

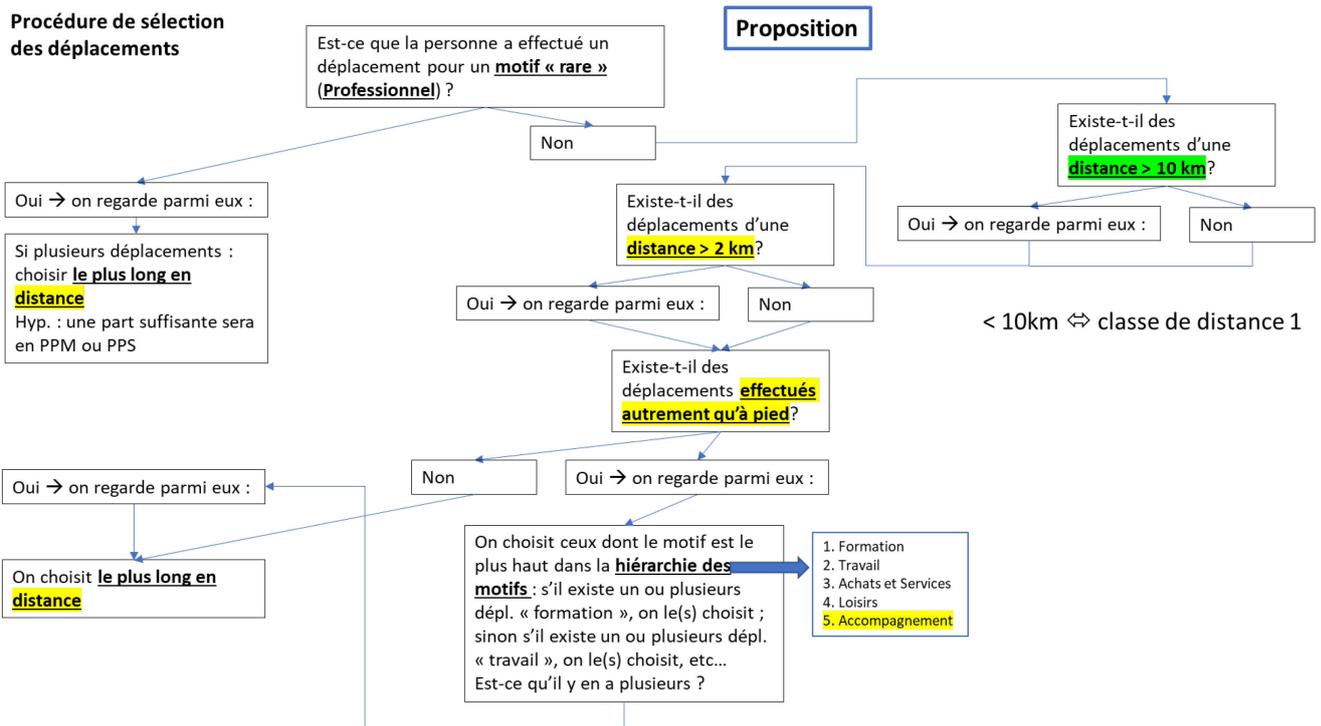


Figure 47 - Schéma du nouvel algorithme de sélection de déplacements, proposé suite au Pré-test 2

12.2. Preliminary models

The objective here is to estimate preliminary models to check whether the SP designs allow to properly estimate the parameters for the SP attributes (time, cost, etc). These models are SP-alone models (no intervention of the revealed preference (RP) data). There are estimated only with the SP attributes, i.e. transport supply attributes (no intervention of socio-economic variables such as income or age class). They use all a simple linear-additive multinomial (MNL) specification.

The changes made to the design as a result of the models are presented under each set of models and are summarized at the end in the section 12.2.5.

12.2.1. SP1 – MODE CHOICE

We estimated a single model based on all SP-data from SP1, i.e. we combined data from 10 design segments. As a reminder, these 10 segments are:

Design segment	Modes	Distance band	SP1 Attribute group
A	Walk vs. Bike vs. PT	0 – 10 km	1
B	Walk vs. Bike vs. PT	0 – 10 km	2
C	Walk vs. Car vs. PT	0 – 10 km	1
D	Walk vs. Car vs. PT	0 – 10 km	2
E	Bike vs. Car vs. PT	0 – 10 km	1
F	Bike vs. Car vs. PT	0 – 10 km	2
G	Car vs. PT	10 -30 km	1
H	Car vs. PT	≥ 30 km	1
I	Car vs. PT	10 -30 km	2
J	Car vs. PT	≥ 30 km	2

And the attribute groups are:

Attributes - Personal motorized transport – SP1 attribute group 1:

- Time (in-vehicle)
- Costs (standard costs)
- Costs (additional peak hour charge)
- Risk of delay
- Duration of delay

Attributes - Personal motorized transport – SP1 attribute group 2:

- Time (in-vehicle)
- Time (parking)
- Costs (standard costs)
- Costs (additional peak hour charge)
- Costs (parking)

Attributes – Public transport – SP1 attribute group 1:

- Time (in-vehicle)
- Costs (standard costs)
- Costs (additional peak hour charge)
- Number of transfers
- Interval between two vehicles
- Risk of delay
- Duration of delay

Attributes – Public transport – SP1 attribute group 2:

- Time (in-vehicle)
- Time (access/egress)
- Costs (standard costs)
- Costs (additional peak hour charge)
- Number of transfers
- Crowding

Estimation results:

SP1 (all designs combined)

Number of estimated parameters	19
Sample size	1725
Final log likelihood	-1312.23
Rho-square for the init. model	0.212

	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
ASC_Bike	-0.257	0.216	-1.189	0.234
ASC_PT	-0.589	0.204	-2.882	0.004
ASC_Walk	1.608	0.283	5.690	0.000
B_Bike_Time	-0.071	0.009	-7.652	0.000
B_Car_CostPHCharge	-0.074	0.035	-2.129	0.033
B_Car_CostPark	-0.079	0.027	-2.973	0.003
B_Car_CostStandard	-0.126	0.041	-3.077	0.002
B_Car_DelayRisk	0.001	0.010	0.103	0.918
B_Car_DelayTime	-0.103	0.056	-1.829	0.067
B_Car_TimeIV	-0.033	0.005	-6.671	0.000
B_Car_TimePark	-0.085	0.025	-3.377	0.001
B_PT_CostPHCharge	-0.057	0.033	-1.717	0.086
B_PT_CostStandard	-0.106	0.042	-2.503	0.012
B_PT_Crowding	-0.243	0.064	-3.781	0.000
B_PT_DelayRisk	-0.012	0.011	-1.171	0.242
B_PT_DelayTime	-0.085	0.059	-1.451	0.147
B_PT_Interval	-0.005	0.002	-2.304	0.021
B_PT_TimeAE	-0.050	0.010	-4.832	0.000
B_PT_TimeIV	-0.028	0.006	-4.881	0.000
B_PT_Transfers	-0.016	0.067	-0.238	0.812
B_Walk_Time	-0.106	0.011	-9.872	0.000

VTT car: 15.73 CHF/h

VTT PT: 15.67 CHF/h

Observations

- Some coefficients are not significant at the 95%-confidence level
 - Car: Delay risk (i.e. B_Car_DelayRisk)
 - Car: Delay time (i.e. B_Car_DelayTime, note: is almost significant)
 - PT: Delay risk (i.e. B_PT_DelayRisk)
 - PT: Delay time (i.e. B_PT_DelayTime)
 - PT: Number of transfers (i.e. B_PT_Transfers)
- Other coefficients are significant at the 95%-confidence level and have the expected sign.
- The resulting Values-of-Travel-Time (VTTs) are on the high side, but within the expected range (i.e. the VTTs in the priors that were used for the design optimisation).

Conclusions

- No need for design adaptations. The insignificant coefficients are for attributes that are usually more difficult to estimate from a mode-choice experiment, especially with a limited number of observations.

12.2.2. SP2 – ROUTE CHOICE - CAR

We estimated a single model based on all SP-data from SP2, i.e. we combined data from 6 design segments. Furthermore, we estimated models for each design separately. As a reminder, the 6 segments are:

Design segment	Distance band	Peak or off-peak
A	0 – 10 km	Peak
B	10 – 30 km	Peak
C	≥ 30 km	Peak
D	0 – 10 km	Off-peak
E	10 – 30 km	Off-peak
F	≥ 30 km	Off-peak

In design segments A to C there are standard costs and, additionally, peak-charge costs. In design segments D to F there are only the standard costs.

Estimation results

SP2 (all designs combined)

Number of estimated parameters	3
Sample size	1344
Final log likelihood	-653.38
Rho-square for the init. model	0.299

	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
B_Car_CostPHCharge	-0.187	0.061	-3.064	0.002
B_Car_CostStandard	-0.354	0.037	-9.461	0.000
B_Car_TimeIV	-0.119	0.007	-16.533	0.000

VTT car: 20.18 CHF/h (ranges from 9.63 to 25.93 in priors)

SP2A

Number of estimated parameters	3
Sample size	252
Final log likelihood	-109.31
Rho-square for the init. model	0.374

	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
B_Car_CostPHCharge	-1.402	0.480	-2.920	0.004
B_Car_CostStandard	-0.630	0.339	-1.859	0.063
B_Car_TimeIV	-0.198	0.029	-6.921	0.000

VTT car: 18.8 CHF/h

SP2B

Number of estimated parameters	3
Sample size	168
Final log likelihood	-77.09
Rho-square for the init. model	0.338

	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
B_Car_CostPHCharge	-0.234	0.100	-2.353	0.019
B_Car_CostStandard	-0.334	0.082	-4.089	0.000
B_Car_TimeIV	-0.115	0.016	-7.089	0.000

VTT car: 20.7 CHF/h

SP2C

Number of estimated parameters	3
Sample size	96
Final log likelihood	-43.33
Rho-square for the init. model	0.349

	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
B_Car_CostPHCharge	-0.099	0.037	-2.659	0.008
B_Car_CostStandard	-0.193	0.048	-4.015	0.000
B_Car_TimeIV	-0.076	0.017	-4.435	0.000

VTT car: 23.5 CHF/h

SP2D

Number of estimated parameters	2
Sample size	1340
Final log likelihood	-663.02
Rho-square for the init. model	0.286

	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
B_Car_CostStandard	-0.323	0.031	-10.467	0.000
B_Car_TimeIV	-0.111	0.007	-16.721	0.000

VTT car: 20.6 CHF/h

SP2E

Number of estimated parameters	2
Sample size	162
Final log likelihood	-65.43
Rho-square for the init. model	0.417

	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
B_Car_CostStandard	-0.565	0.117	-4.841	0.000
B_Car_TimeIV	-0.163	0.023	-7.256	0.000

VTT car: 17.3 CHF/h

SP2F

Number of estimated parameters	2
Sample size	116
Final log likelihood	-59.88
Rho-square for the init. model	0.255

	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
B_Car_CostStandard	-0.207	0.056	-3.707	0.000
B_Car_TimeIV	-0.070	0.014	-5.052	0.000

VTT car: 20.3 CHF/h

Observations

- All estimated coefficients are significant at the 95%-confidence level (with one exception, in SP2A, which has a coefficient that is only significant at the 90%-confidence level) and show the expected signs.
- The resulting VTTs are on the high side compared to the VTTs in the priors. This may to some extent be explained by somewhat low trading percentages.

Conclusions

- The designs could benefit from an improved Boundary VTT (BVTT)-range, which can be realized with a few small changes.

12.2.3. SP3 – ROUTE CHOICE – PUBLIC TRANSPORT

We estimated a single model based on all SP-data from SP3 with attribute group 1, i.e. we combined data from design segments A to C. We did the same for attribute group 2 (design segments D to F). As a reminder, the 6 segments are:

Design segment	Distance band	SP3 Attribute group
A	0 – 10 km	1
B	10 – 30 km	1
C	≥ 30 km	1
D	0 – 10 km	2
E	10 – 30 km	2
F	≥ 30 km	2

The attribute groups are as follows:

Attributes – Public transport – SP3 attribute group 1:

- Main PT mode
- Time (in-vehicle)
- Time (access/egress)
- Costs (standard costs)
- Costs (additional peak hour charge)
- Interval between two vehicles
- Crowding

Attributes – Public transport – SP3 attribute group 2:

- Main PT mode
- Time (in-vehicle)
- Costs (standard costs)
- Costs (additional peak hour charge)
- Number of transfers
- Waiting time

Estimation results

SP3 (designs A, B, C)

Number of estimated parameters	6
Sample size	180
Final log likelihood	-114.17
Rho-square for the init. model	0.085

	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
B_PT_CostPHCharge	-0.130	0.081	-1.614	0.107
B_PT_CostStandard	-0.096	0.059	-1.643	0.100
B_PT_Crowding	-0.232	0.117	-1.993	0.046
B_PT_Interval	-0.013	0.005	-2.863	0.004
B_PT_TimeAE	-0.087	0.023	-3.779	0.000
B_PT_TimeIV	-0.043	0.013	-3.404	0.001

VTT public transport: 26.88 CHF/h

SP3 (designs D, E, F)

Number of estimated parameters	5
Sample size	222
Final log likelihood	-141.61
Rho-square for the init. model	0.08

	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
B_PT_CostPHCharge	-0.057	0.050	-1.140	0.254
B_PT_CostStandard	0.041	0.040	1.015	0.310
B_PT_TimeIV	-0.027	0.009	-2.853	0.004
B_PT_TimeTransfer	-0.010	0.019	-0.544	0.587
B_PT_Transfers	-0.269	0.117	-2.308	0.021

VTT public transport: *not calculated because of insignificant cost coefficient*

Observations

- Designs A, B, C: All coefficients have the expected sign and are (close to) significant at a 90%-confidence level.
- Designs D, E, F: Transfer time and cost coefficients are not significant at a 90%-confidence level.

Conclusions

- No need for design adaptations. The insignificant coefficients are expected to be due to the limited number of observations.

12.2.4. SP4 – TIME OF DAY

We estimated a single model based on all SP-data from SP4 with attribute group 1, i.e. we combined data from design segments A to C. We did the same for attribute group 2 (design segments D to F). As a reminder, the 6 segments are:

Design segment	Current mode	SP modes	Distance band	Attribute group
A	Car	Car vs. Car vs. PT	0 – 10 km	1
B	Car	Car vs. Car vs. PT	10 – 30 km	1
C	Car	Car vs. Car vs. PT	≥ 30 km	1
D	PT	PT vs. PT vs. Car	0 – 10 km	2
E	PT	PT vs. PT vs. Car	10 – 30 km	2
F	PT	PT vs. PT vs. Car	≥ 30 km	2

The attributes for the different design segments are as follows:

Attributes - Design segments A, B and C

- Car
 - Time of day
 - Costs (standard costs)
 - Costs (additional peak hour charge)
 - Time
- PT
 - Time of day
 - Costs (standard costs)
 - Costs (additional peak hour charge)
 - Time

Attributes - Design segments D, E and F

- Car
 - Time of day
 - Costs (standard costs)
 - Costs (additional peak hour charge)
 - Time

- PT
 - Time of day
 - Costs (standard costs)
 - Costs (additional peak hour charge)
 - Time
 - Crowding
 - Number of transfers

Estimation results:

SP4ABC				
Number of estimated parameters			9	
Sample size			306	
Final log likelihood			-228.13	
Likelihood ratio test for the init. model			216.09	
Rho-square for the init. model			0.321	
	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
ASC_PT	1.456	0.968	1.503	0.133
B_Car_CostStandard	-0.638	0.257	-2.482	0.013
B_Car_PHCharge	-0.119	0.041	-2.925	0.003
B_Car_Time	-0.071	0.014	-4.912	0.000
B_Car_ToD	-0.066	0.176	-0.375	0.708
B_PT_CostStandard	-0.371	0.206	-1.806	0.071
B_PT_PHCharge	-0.258	0.128	-2.008	0.045
B_PT_Time	-0.124	0.029	-4.275	0.000
B_PT_ToD	-0.101	0.183	-0.548	0.584

SP4DEF

Number of estimated parameters	11
Sample size	90
Final log likelihood	-74.58
Rho-square for the init. model	0.246

	Value	Rob. Std err	Rob. t- test	Rob. p- value
ASC_PT	0.533	0.961	0.555	0.579
B_Car_CostStandard	-0.069	0.218	-0.315	0.753
B_Car_PHCharge	-0.212	0.119	-1.790	0.073
B_Car_Time	-0.050	0.025	-1.987	0.047
B_Car_ToD	-0.227	0.342	-0.662	0.508
B_PT_CostStandard	-0.182	0.216	-0.845	0.398
B_PT_Crowding	0.140	0.215	0.648	0.517
B_PT_PHCharge	-0.134	0.063	-2.107	0.035
B_PT_Time	-0.034	0.023	-1.504	0.133
B_PT_ToD	-0.140	0.336	-0.417	0.677
B_PT_Transfers	-0.394	0.213	-1.848	0.065

Observations

- SP4ABC:
 - Coefficients are significant at a 95%-confidence level and show the expected sign.
 - Time of day (ToD) coefficients not significant, this is because a scheduling model (using deviation from realized arrival time) was not estimated yet. Instead, a linear term was estimated for departure time.
- SP4DEF
 - No good model could be estimated yet due to limited number of 90 choice observations.

Conclusions

- No need for design adaptations. The insignificant coefficients are for attributes that are usually more difficult to estimate, especially with a limited number of observations.

12.2.5. DESIGN ADAPTATIONS

In the previous sections presenting the models we concluded that SP2 could benefit from an improved BVTT-range. To achieve this, we made two types of changes in SP2.

- Replace one of the time levels in a design. The purpose of this change is to increase the BVTT-range of the whole design.
- Replace one of the time levels in a specific question of a design. The purpose of this change is to increase the BVTT-range of one specific block within a design.

The following changes have been made in the designs of SP2:

- SP2A: Replace time level 0.8 with 0.7
- SP2B: Replace time level 0.7 in question 4 with 1.3
- SP2C: Replace time level 0.7 in question 2 with 1.3
- SP2D: Replace time level 0.8 with 0.7
- SP2E: No changes
- SP2F: Replace time level 1.3 in question 2 with 0.8

Below we see how the changes impact the BVTT-range, assuming a respondent with the average base travel time and cost for each design segment. Underlined are the maximum BVTTs that are affected by these changes.

BVTT (old design)	SP2A	SP2B	SP2C	SP2D	SP2E	SP2F
Mean	9.88	16.77	25.91	9.00	23.93	29.15
Median	4.96	10.37	13.84	5.95	10.52	19.44
Min Block 1	3.23	3.88	8.01	1.05	2.19	3.03
Max Block 1	<u>36.21</u>	<u>21.55</u>	135.71	<u>34.89</u>	61.21	<u>21.20</u>
Min Block 2	0.38	1.89	2.54	1.42	3.06	4.24
Max Block 2	<u>25.58</u>	80.60	<u>35.52</u>	<u>19.93</u>	76.52	106.02

BVTT (new design)	SP2A	SP2B	SP2C	SP2D	SP2E	SP2F
Mean	15.18	22.15	34.79	13.40	23.93	36.52
Median	6.79	10.37	13.84	5.70	10.52	25.45
Min Block 1	3.23	3.88	8.01	0.95	2.19	3.03
Max Block 1	<u>72.43</u>	<u>86.21</u>	135.71	69.77	61.21	<u>106.02</u>
Min Block 2	0.38	1.89	2.54	0.95	2.19	4.24
Max Block 2	<u>51.16</u>	80.60	<u>142.07</u>	<u>39.87</u>	76.52	106.02

We also analysed the impact of the changes on the design efficiency. As seen below, there are no major declines in design efficiency to be observed and for some segments the changes actually lead to an improvement (lower D-error).

13. ANNEXE 3 – REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES VARIABLES DES MODELES DE CHOIX MODAL

13.1. Introduction

L'objectif général de l'étude SP 2021 sur les déplacements est de **réaliser une enquête de préférences déclarées** (enquête SP, pour *Stated Preference*) adossée au microrecensement mobilité et transports de 2021 et **portant sur le choix modal, le choix d'itinéraire routier, le choix d'itinéraire en transport en commun et le choix de l'heure de départ**. Ces quatre modèles pourront être intégrés dans le modèle national de transport pour permettre aux responsables en charge des politiques de mobilité de tester différentes politiques, et en particulier des politiques de tarification (« *mobility pricing* »).

La présente revue de la littérature s'insérant dans cette étude poursuit deux objectifs en particulier :

- D'une part, investiguer les **variables à intégrer dans un modèle de choix modal** et vérifier que les variables pertinentes dans le contexte de l'étude sont bien prises en compte ;
- D'autre part, formuler des **recommandations pour estimer l'impact de ces variables** à travers une enquête SP.

L'objectif premier de la tarification de la mobilité telle qu'elle est envisagée à l'heure actuelle en Suisse est d'optimiser l'utilisation de la capacité existante, tant celle du réseau routier que celle des réseaux de transport public (train et transport public routiers : bus, tram) et de réduire la congestion routière. La modulation temporelle de la tarification (variation du prix en fonction de l'horaire) a pour but d'inciter les usagers à reporter leurs déplacements des heures de pointe vers les heures creuses pour réduire la congestion aux heures de pointe. La modulation spatiale (variation du prix en fonction du lieu) se justifie parce que, du point de vue de l'optimisation de l'utilisation de l'infrastructure, le niveau de prix d'un péage doit être plus élevé dans des zones congestionnées que dans les zones non congestionnées.

De manière générale, la tarification est aussi un outil pour orienter les usagers dans leur choix de mode de transport, c'est-à-dire les inciter à choisir des modes moins polluants et moins consommateurs d'énergie par voyageur-km. Dans la présente étude, le péage s'appliquera tant aux transports publics qu'à la route, il est donc difficile de prévoir a priori l'ampleur des reports modaux.

Vu les objectifs de l'enquête SP 2021, cette revue de la littérature s'intéresse plus particulièrement aux modèles de choix modal visant à estimer le report modal et les changements d'itinéraire à la suite d'une politique de péage routier ou d'une tarification particulière des transports publics.

Après avoir rappelé la théorie des modèles de choix modal, cette revue de la littérature discute l'approche des enquêtes SP et analyse le choix des variables intégrées dans l'enquête SP 2015 et à intégrer dans l'enquête SP 2021, afin de vérifier que toutes les variables pertinentes ont bien été prises en compte.

13.2. ModÈles de choix modal

13.2.1. MODES DE TRANSPORT CONSIDERES

13.2.1.A. LES ALTERNATIVES

La construction d'un modèle de choix modal passe tout d'abord par le choix des modes de transport à prendre en compte. Le **choix de ces alternatives** de transport résulte d'un arbitrage entre plusieurs considérations (Cerema, 2015) :

- L'**exhaustivité des choix proposés** : les choix proposés à l'individu doivent correspondre, mesure du possible, à l'ensemble des modes principaux considérés par l'individu lors de son choix. Autrement dit, les alternatives doivent être mutuellement exclusives et l'ensemble de choix modal proposé doit être exhaustif (Ben-Akiva & Bierlaire, 1999; Train, 2009; Cerema, 2015) ;
- les **effets de politiques** que l'on cherche à mesurer : intégrer l'ensemble des modes sur lesquels la politique testée induira des effets, directs ou indirects (Cerema, 2015);
- les **données disponibles sur chacune des options** : disposer d'une quantité et d'une qualité de données suffisantes pour les modes considérés (Ben-Akiva & Bierlaire, 1999; Cerema, 2015);
- la **complexité du modèle de choix modal** lors de son estimation et pour son application : décrire avec précision les caractéristiques des alternatives intégrées au modèle (Cerema, 2015).

Le Cerema préconise ainsi l'intégration, a minima, du mode de transport individuel motorisé (TIM), des transports publics (TP) et de la marche à pied (MAP). Les autres modes actifs, motorisés ou non motorisés, sont également à intégrer dans la mesure du possible. Le microrecensement mobilité et transports suisse différencie au minimum entre mobilité douce (qui contient la marche, le vélo et le vélo électrique), les TP, le TIM et « autres » (Office fédéral de la statistique (OFS), 2018). Les enquêtes SP 2010 et 2015 en Suisse ont différencié entre marche, vélo, TP et TIM (Office fédéral de la statistique (OFS), 2013; Office fédéral de la statistique (OFS), 2018). Le modèle national du trafic voyageur (MNTP) 2017 utilise les données de l'enquête SP 2015 et différencie aussi entre marche, vélo, TP et TIM (www.are.admin.ch/mntp).

La **subdivision de ces modes** dépendra des politiques que l'on cherche à tester. Par exemple, on peut intégrer un mode 'covoiturage' impliquant la décomposition des déplacements TIM à plusieurs ou seul, ou bien on peut subdiviser les modes TP pour estimer si on observe réellement des comportements différenciés des usagers en fonction des sous-modes (bus, tramway, métro, train).

Enfin, le modèle de choix modal peut aussi être complexifié par l'**intégration de nouveaux services** et nouvelles pratiques de mobilité sous condition de disponibilité des données (p.ex. voitures partagées pour lesquelles l'utilisateur paie à l'utilisation) (Schimid, Schmutz, & Axhausen, 2016).

Plusieurs types de **politiques de transport** peuvent être évaluées à partir des modèles de choix modaux (Cerema, 2015) : investissements, schémas d'exploitation (desserte, capacité des trains plus

élevée, amélioration des fréquences), informations aux usagers (également mis en lumière par Polak & Jones, 1993), amélioration de l'accessibilité des transports publics et de l'intégration entre modes, tarification (détaillé par Li & Hensher 2012 et aussi repris par l'administration australienne dans son Guide National pour le Management des Systèmes de Transport, Transport and Infrastructure Council 2016), etc.

13.2.1.B. INTERMODALITÉ ET PARK&RIDE (P+R)

Dans les enquêtes SP 2010 et 2015, les déplacements définissent uniquement le moyen de transport principal (p.ex. « transports publics » pour le déplacement de la maison au travail), et non l'ensemble des étapes (p.ex. « marche, puis train, puis bus, puis marche » pour le même déplacement) (OFS, MRMT 2010 et 2015). Seuls les temps d'accès à pied jusqu'à l'arrêt de TP sont intégrés comme attributs. L'utilisation du moyen de transport principal, sans possibilité d'effectuer des déplacements intermodaux, est due à la difficulté de présenter le détail des étapes dans une enquête SP. Il existe cependant plusieurs exemples d'enquêtes SP intermodales dans la recherche (Taylor & Mahmassani, 1997; Liu, Pendyala, & Polzin, 1997; de Freitas, 2019). Notons cependant que les déplacements réellement intermodaux sont encore rares en Suisse : 0.8% des déplacements combinaient la marche, les TP et le TIM et 0.5% la marche, le vélo et les TP en 2015 (OFS, MRMT 2015).

En particulier, les combinaisons entre voiture et transports publics (P+R) ne sont pas étudiées dans les enquêtes SP 2010 et 2015. Les modèles nationaux de trafic voyageurs (MNTP) 2010 et 2017 fonctionnent selon le même principe que les enquêtes SP 2010 et 2017 : multimodalité, mais pas intermodalité. Pour intégrer des trajets intermodaux dans le MNTP, il faudrait se pencher sur les défis suivants, comme cela a été mis en évidence par l'ARE (ARE, 2012) :

- Estimer des paramètres comportementaux à partir d'une enquête SP intégrant le P+R,
- Définir l'offre de P+R pour l'ensemble du territoire suisse.

13.2.2. THÉORIE DES CHOIX DISCRETS

13.2.2.A. PRINCIPES DE L'UTILITÉ ALÉATOIRE

Les modèles de choix discrets portant sur le choix modal peuvent être des modèles désagrégés ou agrégés :

- Lorsque ces modèles sont **désagrégés**, chaque décision de transport composant le panel de décisions analysées correspond à un individu dans une situation donnée (un trajet correspondant à une origine-destination, dans une situation aux caractéristiques propres). Le fait d'étudier les comportements au niveau de l'individu n et non pas au niveau d'un groupe de personnes (par exemple un ménage ou une entreprise) permet de tenir compte des interactions sociales à l'intérieur de ces groupes. L'analyse des comportements individuels est d'autant plus fine que les caractéristiques de ces individus sont prises en compte dans le modèle (p.ex. variables socio-économiques de l'âge, du genre, du niveau d'éducation ou du revenu) (Ben-Akiva & Bierlaire, Discrete choice models with applications to departure time and route choice, 2003).

- Lorsque ces modèles sont **agrégés**, la décision de transport est analysée au niveau d'un segment n et les déplacements étudiés sont des déplacements de zone à zone pour un nombre défini d'individus. Pour chaque relation origine-destination (de zone à zone), les temps, les coûts de déplacement et les parts modales sont des valeurs moyennes pour ce segment n .

La **modélisation des choix discrets** est la méthode par excellence pour analyser et prédire les décisions prises par les usagers des transports. L'analyse est faite au niveau de l'individu (modèle désagrégé) ou d'un segment (modèle agrégé), qui a à sa disposition une série d'alternatives (ou d'options) de transport. Ces alternatives sont caractérisées chacune par une série d'attributs (génériques ou spécifiques à l'alternative), à partir desquels l'individu prend sa décision (c'est-à-dire effectue un choix) (Ben-Akiva & Bierlaire, *Discrete choice models with applications to departure time and route choice*, 2003). La théorie des choix discrets permet donc d'estimer les comportements de transport des individus, dans un cadre de choix finis, délimités au préalable.

L'**utilité d'un individu** i choisissant l'alternative m dans une série d'options telle que définie dans les modèles de choix discrets, est généralement écrite comme suit (Cerema, 2015) :

$$U_{i,m} = V_{i,m} + \varepsilon_{i,m}$$

Dans cette équation, $V_{i,m}$ est la partie déterministe de l'utilité, et $\varepsilon_{i,m}$ est le terme d'erreur (variable aléatoire) qui capture l'incertitude. L'alternative choisie est celle avec le plus haut niveau d'utilité.

La partie déterministe est composée comme suit :

$$U_{i,m} = [\beta_{m,s}] \times f_x(X_{i,m}, \lambda_{m,s}) + ASC_{m,s} + \varepsilon_{i,m}$$

Où :

i l'individu ; m le mode de transport ; s le segment de population auquel appartient l'individu i ; $[\beta]$ les paramètres qui peuvent être distribués au sein de la population (p.ex. la valeur du temps) ; X les variables explicatives du comportement de choix modal (p.ex. le temps de parcours, le coût, la fréquence du transport public, le nombre de correspondances, etc.) ; f_x une fonction (fonction linéaire, logarithme, puissance, transformation de Box-Cox, etc., λ étant le vecteur de paramètres utilisé dans la fonction) ; ASC les constantes d'alternatives spécifiques aux modes de transport).

Les modèles de choix discrets sont estimés par maximisation de la fonction de vraisemblance.

Actuellement, la **théorie des choix discrets** est communément utilisée pour des modèles de choix modal au niveau urbain, régional, interurbain à l'échelle nationale ou internationale (voir par exemple les modèles de transport européens financés par la Commission européenne). Souvent ces modèles de choix modal sont intégrés dans un modèle de transport plus global utilisant le formalisme du « modèle à 4 étapes » (les 4 étapes étant l'émission/attraction, la distribution, le choix modal et l'affectation sur les réseaux).

13.2.2.B. FORMULATION DU MODÈLE

Le modèle le plus couramment utilisé est le modèle logit multinomial (MNL), du fait de sa forme analytique simple. Le modèle logit multinomial fait l'hypothèse que les variables aléatoires de l'utilité

des différentes alternatives sont indépendantes entre elles et identiquement distribuées (IID) selon une loi de Gumbel. Lorsque cette hypothèse n'est pas satisfaite dans le sujet (le choix) traité, des problèmes de spécification apparaissent et d'autres types de modèles sont nécessaires, comme le modèle *nested logit* (logit emboîté ou modèle hiérarchique) qui permet d'introduire une covariance non nulle entre les termes d'erreur de deux ou plusieurs modes (Cerema, 2015).

Il faut également mentionner l'usage du *Machine Learning* auquel il est parfois fait recours pour la détermination du choix modal à la place du MNL. Les travaux à ce sujet se multiplient. Néanmoins, l'application du *Machine Learning* à la détermination de choix modal contient encore beaucoup d'inexactitudes et n'a pas encore fait ses preuves d'un point de vue scientifique (Hillel, Bierlaire, & Jin, 2019).

13.3. Préférences déclarées (SP) et révélées (RP)

L'acronyme SP vient de l'anglais « stated preference », pour préférences déclarées. L'acronyme RP vient de l'anglais « revealed preference » pour préférences révélées.

13.3.1. DISPONIBILITE DES DONNEES

Tout modèle de choix modal est estimé à partir d'une ou plusieurs **bases de données sur le comportement des individus** en situation de choix du mode de transport.

« *Le choix de mode dépend à la fois des caractéristiques de l'individu (revenus, motorisation du ménage ou de l'individu lui-même, etc.) et de celles du déplacement (motif, niveau de service des différentes alternatives modales, etc.) : il faut donc utiliser une base de données qui croise les caractéristiques socioéconomiques des individus, les comportements de mobilité, ainsi que les caractéristiques de l'offre de transport (pour chacune des alternatives). La qualité du modèle ainsi estimé dépend fortement de celle des données utilisées, [comme pour l'ensemble des modèles] » (Cerema, 2015, p. 16).*

13.3.2. DISCUSSION DES APPROCHES SP ET RP

« *Puisqu'il s'agit de déterminer la sensibilité [à] un certain nombre de variables explicatives du choix modal, la base de données doit permettre de caractériser les préférences modales des individus dans des situations de choix très variées. Pour répondre à ce besoin de données, il existe deux types d'enquêtes : les **enquêtes de préférences révélées (enquêtes RP)**, qui révèlent les choix de mode effectivement réalisés lors de situations de choix déjà vécues, et les **enquêtes de préférences déclarées (enquêtes SP)**, qui permettent de caractériser les choix des individus dans des situations de choix hypothétiques. » (Cerema, 2015, p. 16)*

Les premiers modèles sur ce type d'évaluation (discrétisation des choix de transport), en date des années 1960 et 1970, étaient basés sur les choix de transport effectivement réalisés par les individus, c'est-à-dire sur les méthodes de préférences révélées (RP). Ensuite, fin des années 1970, des méthodes basées sur des scénarii hypothétiques émergent, importées des recherches en marketing principalement des Etats-Unis, et gagnent en popularité durant les années 1980 de sorte que les approches de préférences déclarées (SP) deviennent – et d'autant plus au cours des années 1990 – le

principal cadre d'analyse des évaluations sur le marché des transports. Ces méthodes proposent aux individus des situations réalistes et permettent d'observer comment ceux-ci valorisent différentes caractéristiques des transports lorsqu'ils sont confrontés à un arbitrage (Wardman M. , 2014). En 2000, le prix Nobel d'économie a été attribué au Prof. Daniel McFadden pour ses théories et méthodes d'analyse des choix discrets, utilisées en sciences économiques et notamment en micro-économie du transport pour l'analyse du comportement des individus, des ménages et des entreprises.

13.3.2.A. ATOUTS ET LIMITES DES PRÉFÉRENCES RÉVÉLÉES (RP)

Le point fort des méthodes RP réside principalement dans le fait que l'information collectée correspond à des comportements réels d'usagers des transports (choix effectivement observés), d'où une certaine fiabilité. Lorsque la base de données est vaste et que les situations dans lesquelles les choix ont été observés sont suffisamment diversifiées, ces données peuvent permettre des analyses et modélisations intéressantes.

Néanmoins, les préférences révélées (RP) présentent des limitations, parfois très dommageables à la modélisation :

- dans les observations issues de la réalité, les variables sont souvent corrélées (les variables de temps et de coût par exemple sont au moins partiellement corrélées), ce qui rend l'estimation des paramètres des fonctions d'utilité moins précise ou plus difficile. ;
- l'information ne peut être collectée que sur des comportements effectivement observés dans la réalité (c'est-à-dire pour les attributs observables et dans un intervalle de valeurs existantes) ;
- les préférences déclarées ne permettent pas d'étudier des **options** qui n'existent pas dans la réalité (par exemple un mode inexistant ou un système de tarification de la mobilité qui n'existe pas encore) ;
- dans une enquête du type « préférences révélées », seul le choix du moyen de transport actuel est observé, et pas l'ensemble de choix, c'est-à-dire les moyens de transport considérés et non choisis. Il faut alors générer cet ensemble de choix et les attributs qui sont associés à chaque option.
- chaque enquête fournit une seule observation de choix (contrairement aux enquêtes SP dans lesquelles chaque personne enquêtée fournit plusieurs observations de choix).

13.3.2.B. ATOUTS ET RISQUES DES PRÉFÉRENCES DÉCLARÉES (SP)

Par rapport aux préférences révélées (RP), la technique des préférences déclarées (SP) présente les avantages suivants :

- elle permet d'estimer avec plus de précision l'effet de chacune des variables, sur le comportement des usagers parce que les variables varient de manière (volontairement) non-corrélée dans les questions SP. Un des concepts clés à la base de la technique des préférences déclarées est l'orthogonalité (des variations des variables) : dans les questions SP, les variations des variables doivent être autant que possible indépendantes les unes des autres (non corrélées) pour que l'on puisse, dans la phase d'estimation du modèle, estimer avec plus

de précision l'effet de chaque variable prise isolément (c'est-à-dire les paramètres des fonctions d'utilité)⁵⁶ ;

- elle permet d'estimer l'effet de variations (montants) qu'on ne peut pas observer dans la réalité (prix, temps, etc. qui n'existent pas dans la réalité) ;
- elle permet d'estimer la part de marché d'une option (encore) inexistante dans la réalité ;
- elle permet de recueillir plus d'information par personne interrogée que dans une enquête de préférences révélées (où chaque déplacement fournit une seule observation de choix), puisque chaque personne fournit autant d'observations que le nombre de questions de choix posées dans l'enquête de préférences déclarées et auxquelles la personne répond.

L'approche des préférences déclarées (SP) présente toutefois des risques. Les biais liés à ce type de données peuvent être évités ou atténués en construisant correctement le questionnaire SP.

En particulier, le réalisme des situations de choix peut être déficient dans une enquête SP :

- Cela peut être le cas par exemple si le répondant oublie certaines de ses contraintes (p.ex. il ne tient pas compte qu'il voyage avec des jeunes enfants et des bagages ou qu'il a besoin de sa voiture à destination) ou si la temporalité de la réponse n'est pas bien définie (p.ex. le répondant n'a pas de voiture actuellement, mais si on s'intéresse à son choix modal à moyen terme, il pourrait en acheter une). Dans ces deux cas, le biais est introduit dans les résultats par une différence entre les réponses au questionnaire SP et les comportements que les répondants auraient dans la réalité) ;
- Les répondants peuvent avoir du mal à donner une réponse reflétant leur comportement réel si la question SP est trop complexe (trop d'attributs, trop d'alternatives) ou si la série de questions est trop longue et que le répondant se fatigue. Le degré auquel les répondants ignorent certains attributs est influencé par le design de l'exercice SP, l'écart entre la valeur d'un attribut et la valeur qu'a cet attribut dans le déplacement réel du répondant, le nombre de choix proposés et le revenu du répondant (Hensher, 2006). En général, le nombre de questions posées sur une thématique est de l'ordre de 5 à 10 questions, en fonction de la complexité de la question, du nombre d'attributs, etc. Plusieurs thématiques peuvent être abordées dans une même enquête.

C'est pour répondre à ces préoccupations que les questions SP sont très souvent basées sur un « déplacement de référence » réellement effectué (questions RP préalables), autour duquel tourneront les questions SP (c'est-à-dire que les valeurs des attributs sont des variations autour des valeurs réelles).

⁵⁶ A noter qu'il existe, à côté des questionnaires tout à fait orthogonaux, des questionnaires dans lesquels on introduit une certaine dose de corrélation, mais d'une manière très contrôlée, pour rendre ces questionnaires encore plus « efficaces ». Il s'agit des plans d'enquête « efficaces en D » (*D-efficient designs*), plus sophistiqués que les plans d'enquête purement orthogonaux. Mais le principe général de réduire la corrélation par rapport à ce que l'on peut observer dans la réalité reste valable (voir section 6 du rapport méthodologique).

Une étude issue du champ de la psychologie sociale montre que les enquêtes SP collectent des « **intentions comportementales** » (intentions de comportements, théoriques et abstraites) et non des comportements réels anticipés (intentions qui se réalisent effectivement) (Fujii & Garling, 2003). Cette divergence peut être expliquée par différents facteurs :

- Il peut y avoir des **divergences entre les temps et coûts observés dans la réalité et la façon dont les individus les perçoivent** (réponses fournies dans l'enquête SP). Par exemple, des améliorations dans les transports en commun peuvent passer inaperçues dans la réalité pour certains usagers, et par ailleurs certains non-usagers ont une appréciation des transports publics plus pessimistes, plus négatives que la réalité. Ou encore le comportement qu'ils pensent avoir face à une hausse de coût ou un gain de temps ne correspond pas à au comportement qu'ils adopteraient en réalité (Wardman M. , 2014) ;
- il peut y avoir un **biais relatif à une inertie de comportement** lorsque les répondants déclarent dans l'enquête qu'ils changeraient de mode alors que, dans la réalité, ils resteraient attachés à leur mode actuel. Le report modal dans l'enquête SP seule (c'est-à-dire non recalée sur des données RP) peut alors être surestimé.
- des biais peuvent apparaître dans les enquêtes SP lorsque le prix que les individus déclarent accepter de payer est supérieur à la valeur qu'ils accorderaient effectivement à cette option dans la réalité. On parle de « **biais hypothétique** » lorsque la valeur déclarée est supérieure à la valeur observée. Ce type de biais peut être observé dans les études de préférences déclarées sur les biens publics, mais ne se marque en général pas pour les études de transports.

A nouveau, la définition du cadre d'analyse SP au préalable est primordiale pour anticiper ces limitations et éviter ces biais.

Enfin, **certains facteurs ne sont pas pris en compte** : interactions sociales, prises de décision en groupe, décisions des proches. Ainsi, pour limiter le biais lié aux interactions sociales (p.ex. réponses dépendantes de l'activité d'un autre membre du ménage), il est important de préciser la situation dans l'enquête, tout comme l'horizon temporel (court terme ou moyen-long terme). Il faut aussi, dans le questionnaire, rappeler systématiquement à l'individu qu'il répond pour lui-même, dans la situation particulière qui lui est propre (la question est « qu'est-ce que *vous* choisiriez, dans votre situation ? » et non « quelle est la meilleure option, selon vous ? »).

Des études plus exploratoires dans les domaines de l'**économie comportementale** (FehrAdvice, 2013) et de la **psychologie** (Loomis, 2011) s'intéressent aussi à d'autres attributs non pris en compte⁵⁷, mais ceux-ci, plus incertains, ne font pas partie des attributs indispensables pour obtenir des résultats robustes en termes de prédiction des comportements.

⁵⁷ Certains chercheurs s'intéressent par exemple à l'intégration d'attributs de 'bonheur' dans le choix de mode de transport (p.ex. satisfaction procurée par la voiture personnelle versus métro selon le profil d'utilisateur) (Duarte, et al., 2010).

Comme on va le voir dans la section qui suit, les risques de biais, notamment sur les élasticités (risque de surestimation ou sous-estimation du report modal), peuvent être fortement diminués par un **calage conjoint du modèle à la fois sur des données SP et des données RP**.

Notons enfin que les variables qui ont un effet sur le choix mais ne sont pas explicitées dans le modèle sont représentées par les **constantes modales**, pour les différents segments de population. Les constantes modales sont un terme résiduel additif de la fonction d'utilité, représentant tout ce que l'on n'a pas pu mesurer, et permettant de reconstituer la répartition modale observée dans la situation existante (données RP). Par contre, pour un nouveau mode (qui n'existe pas encore dans la réalité), les enquêtes de préférences révélées peuvent permettre d'estimer la constante modale qui serait associée à ce mode (moyennant aussi un calage SP/RP sur l'estimation de cette constante).

13.3.3. COMBINAISON DES APPROCHES RP ET SP

Les modèles estimés uniquement sur des données SP fournissent des ratios d'utilités marginales⁵⁸ (par exemple : valeurs du temps, équivalents-temps-à-bord d'une correspondance, d'un gain de fréquence, du temps de rabattement, etc.) mais si l'on veut construire un modèle de prévision et donc avoir les bonnes élasticités, il est impératif de mettre le modèle SP à l'échelle des RP, par un facteur d'échelle SP/RP, ce qui s'estime par un calage SP/RP (Train, 2009). Selon la théorie de l'utilité aléatoire, ce facteur d'échelle est inversement proportionnel à la variance de la variable aléatoire $\varepsilon_{i,m}$ de l'utilité aléatoire $U_{i,m} = V_{i,m} + \varepsilon_{i,m}$ (Dios Ortuzar & Willumsen, 1995).

Pourquoi l'échelle (qui est aussi l'échelle des élasticités) n'est-elle pas la même dans les choix RP et dans les choix SP ? Dans la réalité, les individus ne connaissent pas parfaitement les caractéristiques des modes qu'ils n'utilisent pas (contrairement à ce qui se passe dans une enquête SP). Dans la réalité, les choix sont soumis à des aléas (variations de la météo, organisation familiale, ...). Dans une enquête RP, il n'est pas possible de mesurer toutes les variables et les variables mesurées peuvent comporter des erreurs ou des imprécisions (par ex. sur les temps, les coûts, ...).

Les modèles de choix discrets sont donc clairement supérieurs lorsque les enquêtes SP et les enquêtes RP sont combinées. La combinaison des enquêtes SP et RP a été largement étudiée (Ben-Akiva & Morikawa, 1990; Wardman M. , 1991; Morikawa T. , 1994; Cerema, 2015; Morikawa, Ben-Akiva, & Yamada, 1991) et est aujourd'hui communément admise et utilisée.

Concrètement, pour le calage SP/RP, deux modèles de choix modal sont établis (respectivement pour l'enquête RP et pour l'enquête SP), avec des paramètres des modes ou des variables communes aux deux enquêtes. Un facteur d'échelle est fixé à 1 pour l'enquête RP, et le facteur d'échelle μ de l'enquête SP est estimé à travers le calage du modèle. Le modèle final sera celui estimé sur les deux bases de données simultanément (ARE, 2017; Cerema, 2015). L'échelle du modèle final, celle qu'il faut conserver pour le modèle d'application, est celle des données RP.

⁵⁸ Lorsque les fonctions d'utilité sont tout à fait linéaires, les utilités marginales sont les coefficients des variables dans la fonction d'utilité.

13.4. Choix des attributs pour l'enquête SP

13.4.1. ATTRIBUTS INTERVENANT DANS LE CHOIX MODAL

Rappelons que les modes qui étaient étudiés dans l'enquête SP 2015 et seront étudiés dans l'enquête SP 2021 sont le transport individuel motorisé (TIM), les transports publics (TP), le vélo et la marche. Les TP sont subdivisés en sous-modes pour le choix de l'itinéraire en TP (exercice SP3) : bus, tramway, RER / train régional et train.

Les attributs qui interviennent dans le choix modal, dans les comportements réels des usagers, sont les mêmes que ceux qui interviennent dans le choix d'itinéraire. Ils sont détaillés ci-dessous.

13.4.2. ATTRIBUTS INTERVENANT DANS LE CHOIX D'ITINÉRAIRE ROUTIER ET DANS LE CHOIX D'ITINÉRAIRE DE TRANSPORT PUBLIC

13.4.2.A. UTILITÉ DES ITINÉRAIRES ROUTIERS

L'utilité du mode routier ou d'un itinéraire routier dépend de toute une série de caractéristiques (Cerema, 2015) :

- durée de l'étape à pied entre le point de départ du déplacement et le lieu de stationnement de la voiture (temps d'accès à la voiture ou rabattement),
- durée de l'étape en voiture (hors congestion)
- durée de l'étape à pied entre le lieu de stationnement de la voiture et la destination finale,
- temps supplémentaire perdu lié à la congestion,
- coût du trajet.

En pratique, il faut noter quelques considérations :

- sur les réseaux non congestionnés, la distance parcourue (et donc le coût) est souvent corrélée au temps de trajet ;
- le coût du transport est en réalité composé de plusieurs éléments. Il est courant de différencier certaines composantes du coût, par exemple les coûts directs ou variables associés à un trajet particulier (p.ex. péage) des coûts généraux ou fixes (Vrtic, Schuessler, Erath, & Axhausen, 2010).

Plus précisément, le coût du trajet TIM peut être constitué des coûts suivants (Cerema, 2015; Bösh, Becker, Becker, & Axhausen, 2018) :

- les **coûts fixes** (entretien et dépréciation évalués respectivement à 8,9 c €2010/km et 1,3 c €2010/km pour la France, selon le Cerema ; en Suisse, les coûts fixes ont été décomposés en coûts d'acquisition, entre 13 et 35kCHF, intérêts, entre 260 et 700 CHF/an, assurances, entre 500 et 1000 CHF/an, impôts, entre 120 et 250 CHF/an) ;
- les **coûts de carburant**, qui peuvent être calculés en fonction de la vitesse (entre 5.60 et 7.98 CHF/km) ;

- les coûts de **péage** (par exemple autoroutier), à reconstituer précisément, actuellement de 40 CHF/an en Suisse avec la vignette autoroutière ;
- les **coûts kilométriques par typologie de route**, reflétant la préférence des usagers pour certains itinéraires (et donc utilisés uniquement pour l'affectation des déplacements) ;
- les coûts de stationnement (env. 1500 CHF/an) (Bösh, Becker, Becker, & Axhausen, 2018);
- l'usure des pneus et le nettoyage du véhicule.

Les coûts TP et TIM (fixes et variables) ont été définis pour la Suisse lors du développement du modèle national du trafic voyageur (ARE, 2019).

Cette liste d'attributs peut être complétée par la prise en compte du temps de recherche de stationnement et par l'incertitude sur le temps de trajet (reflet d'un certain niveau de congestion, qui peut varier de jour en jour, en fonction de la météo, d'un incident, ...) (Weis, Vrtic, Widmer, & Axhausen, 2011; Ehreke, 2019). Cette variabilité peut aussi être exprimée par d'autres attributs : le risque de retard par rapport au temps moyen, exprimé en pourcentage, et la durée du retard en question.

Parmi les autres attributs pouvant intervenir dans la fonction d'utilité, il peut y avoir les conditions de trafic (niveau de congestion, volume de flux conflictuels), les obstacles (nombre de stops, nombre de feux tricolores), le type de route (p.ex. variable *dummy* capturant la préférence pour les voies rapides apportant davantage de confort de conduite) ou d'autres caractéristiques de la route (p.ex. qualité de surface, nombre de bandes, sécurité).

13.4.2.B. UTILITE DES ITINERAIRES DE TRANSPORTS PUBLICS

L'**utilité du mode TP ou d'un itinéraire en TP** fait intervenir les attributs suivants (Cerema, 2015) :

- temps d'accès à l'arrêt,
- temps d'attente initial, ou fréquence du premier service,
- temps passé à bord du véhicule,
- temps d'attente en correspondance,
- éventuels temps de marche intermédiaires pour effectuer les correspondances,
- temps d'accès à la destination finale,
- nombre de correspondances,
- coût du trajet TP.

Cette liste d'attributs peut être complétée par des caractéristiques d'encombrement (charge des véhicules, probabilité de trouver une place assise, inconfort de circuler debout ou serré comme cela avait été fait lors des MRMT 2010 et 2015), d'informations générales aux usagers (sur les horaires, les fréquences, etc.), ou d'informations en cas de retard ou d'incident. Comme pour l'utilité des itinéraires routiers, des attributs relatifs à la régularité peuvent aussi être ajoutés (risque de retard et durée du retard).

13.4.3. ATTRIBUTS DANS L'ENQUÊTE SP 2021

Les attributs traités dans l'enquête SP de 2015 et repris pour l'enquête SP 2021 sont les suivants :

- **Pour le choix modal :**
 - **pour le TIM** : temps de trajet routier, temps de recherche d'un stationnement, coût du carburant + surcoût de base, surcoût d'heure de pointe, coût du stationnement, risque de retard (exprimé sous forme d'un pourcentage), durée du retard
 - **pour les TP** : temps d'accès au réseau et de diffusion à la sortie du réseau, intervalle de temps entre deux véhicules (inverse de la fréquence), temps de trajet à bord du (des) véhicule(s), nombre de correspondance, coût du déplacement en TP + surcoût de base, surcoût d'heure de pointe, risque de retard (exprimé sous forme d'un pourcentage), durée du retard, niveau de remplissage du véhicule (confort) ;
 - **pour le vélo** : temps de trajet à vélo ;
 - **pour la marche** : temps de trajet à pied ;

- **pour le choix d'itinéraire routier et le choix d'itinéraire en TP** : un sous-ensemble des attributs traités pour le choix modal, ainsi que, pour les TP, le mode principal utilisé (bus, tramway, RER/train régional, train) et le temps d'attente en correspondance.

Un nouvel attribut a aussi été intégré pour l'exercice sur le choix de l'horaire développé pour l'enquête SP 2021 – **l'heure de départ**, déterminée pour les voyageurs TIM et les voyageurs TP.

Certains attributs n'ont pas été intégrés dans l'enquête SP. Les raisons sont les suivantes :

- Certains attributs (p.ex. météo, type d'achats) peuvent être extraits des données du microrecensement mobilité et transports (données RP) et utilisés pour l'analyse des données a posteriori.
- Certains attributs (p.ex. habitudes et expériences passées, relations sociales) sont difficiles à collecter. L'enquête SP est déjà particulièrement longue et compliquée et il n'est pas possible d'ajouter indéfiniment des attributs. La priorité a été donnée aux attributs estimés les plus importants selon les enquêtes précédentes et une analyse de la littérature.
- L'objectif principal de l'enquête SP est de pouvoir utiliser ses résultats pour la modélisation des transports et pour le développement de perspectives d'évolution du trafic. Les attributs intégrés devraient donc pouvoir être utilisés pour la génération de pronostics quantitatifs. Certains attributs se prêtent mal à cette utilisation (p.ex. les attitudes et les valeurs).

Pour rappel, les attributs qu'il n'a pas été possible d'évaluer et qui ne seront donc pas explicités dans le modèle mais qui ont un effet sur le choix sont représentés par les constantes modales.

Les attributs non pris en compte dans l'enquête SP 2021 sont :

- La **météo** du jour du trajet de référence : La météo n'est pas explicitement rappelée dans le questionnaire SP. Cette information existe dans les données RP (question 5.1, « Quel temps faisait-il le jour x ? », question ouverte dont les réponses sont attribuées par l'interviewer). Elle pourra être ajoutée dans l'analyse, mais n'est pas rappelée dans le questionnaire SP pour ne pas surcharger le répondant d'information. Cette variable est particulièrement utile pour le choix

du vélo comme moyen de transport (voir par exemple (Müller, 2008) même si l'effet de cette variable sur le choix du vélo doit être considérée en lien avec la qualité des infrastructures, leur maintenance et le motif de déplacement (Nankervis, 1999; Héran, 2014; Jaffe, 2016; Rérat, 2019). **Dans l'enquête SP 2021** : les questionnaires seront envoyés tout au long de l'année et les conditions météorologiques varieront, ce qui permet d'estimer l'effet de cette variable si on le souhaite ;

- Les **habitudes et les expériences passées** : Le choix modal est aussi dicté par les choix précédemment effectués et l'expérience (ou la non-expérience) de ces choix. Se renseigner sur de nouveaux moyens de transport pour un déplacement donné peut être associé à un coût (en temps et en charge mentale) élevé et les gains espérés peuvent être perçus comme trop incertains, en particulier pour des déplacements contraints par le temps, le coût ou des obligations sociales (Gärling, 2003). Pour pouvoir étudier ces habitudes, il faudrait disposer de données couvrant plus qu'un jour de référence, ce qui n'est pas le cas des données issues du microrecensement mobilité et transports. De nouvelles technologies de collecte de données, par App sur le smartphone de la personne-cible (Danalet A. &, 2017) ou en utilisant des données d'antennes de télécommunication (Danalet A. T., 2016), pourraient permettre à l'avenir de collecter plus facilement des données sur de plus longues périodes temporaires. Il est aussi possible d'utiliser des indicateurs d'habitudes, collectés en demandant directement à la personne-cible (p.ex. nombre de kilomètres parcourus annuellement, nombre de voyages dans les dernières semaines, moyen de transport pour aller à l'école étant enfant (Bierlaire, 2011), désir de variété dans la routine quotidienne (Rieser-Schüssler, 2012), etc). Dans l'analyse des données de l'enquête SP, on pourra utiliser des indicateurs des habitudes de la personne issus du microrecensement mobilité et transports : kilométrage des 12 derniers mois de la voiture utilisée pour le déplacement ou des voitures du ménage en général. Ces indicateurs sont cependant peu utilisés dans la modélisation des transports et des variables sur les ressources de mobilité sont plus souvent utilisées (Gärling, 2003; Danalet A. &, 2018; ARE, 2019; Kowald, 2017). **Dans l'enquête SP 2021** : intégrer des indicateurs d'habitudes dans un modèle de transport rend les pronostics à long terme difficile, car il faudrait connaître les parcours qui ont construit les habitudes de la population future. Ces facteurs ne seront donc pas intégrés dans l'enquête SP 2021 ;
- Pour les déplacements dont le motif est les achats, **le type et la quantité des achats** : pour des achats lourds, la voiture pourrait être préférée. **Dans l'enquête SP 2021** : le microrecensement mobilité et transports contient la question « Quel genre d'achats avez-vous effectué à cet endroit ? ». Les résultats de cette question pourront être utilisés dans l'analyse des données de l'enquête SP 2021 ;
- Les **relations sociales** entre les personnes du ménage ou avec le cercle des connaissances plus largement (Phithakkitnukoon, 2017). **Dans l'enquête SP 2021** : intégrer les relations sociales dans l'enquête SP impliquerait trop de charge pour le répondant. Cela n'a donc pas été fait. Par ailleurs, l'état de l'art actuel en modélisation des transports n'intègre pas ces facteurs ;

- La possibilité d'utiliser un parking de type **park&ride (P+R)**. **Dans l'enquête SP 2021** : Ce thème a été identifié par l'ARE comme étant l'une des deux priorités à introduire dans l'enquête SP. Pour des raisons de charge du répondant, il a été décidé de ne pas intégrer les questions de parking dans l'enquête 2021. Cela reste cependant un thème prioritaire pour la modélisation des transports au niveau national, tout comme aux niveaux cantonaux et locaux. Pour les modèles de transport, cela signifie cependant de devoir intégrer des déplacements intermodaux ou le park&ride comme un mode de transport en plus des modes monomodaux, ce qui n'est pas à l'ordre du jour ;
- Le **type de parking à disposition** : Une place de stationnement à ciel ouvert ou fermée est généralement préférée au stationnement le long des rues (Widmer, et al., 2016). **Dans l'enquête SP 2021** : Ce facteur n'est intégré ni dans le MRMT 2021, ni dans le modèle de transport actuel. Il a été décidé de ne pas l'ajouter pour le moment ;
- La **complexité du déplacement** ou de la boucle de déplacement (FehrAdvice, 2013). **Dans l'enquête SP 2021** : cet attribut n'est intégré ni dans le MRMT 2021, ni dans le modèle de transport actuel. Par ailleurs, c'est un attribut difficile à comprendre pour le répondant, et il a donc été décidé de ne pas l'ajouter ;
- La **limitation de vitesse** sur le tronçon utilisé, en particulier aux heures de pointe (FehrAdvice, 2013). **Dans l'enquête SP 2021** : il n'est pas prévu d'étudier l'impact de la limitation de vitesse sur le choix modal, car celle-ci est déjà implicitement prise en compte dans l'attribut du temps de trajet, et que son ajout nécessiterait des efforts considérables pour l'enquête et pour le modèle à posteriori, probablement sans améliorer significativement la précision du modèle ;
- La fourniture **d'informations** sur les économies de temps possibles et sur l'impact de leurs décisions (CO2, impact environnemental, coûts externes, etc.) (FehrAdvice, 2013). **Dans l'enquête SP 2021** : la prise en compte de cet attribut est trop complexe car ce n'est pas une caractéristique qui varie d'une option à une autre. Pour tester la condition d'absence d'information il aurait fallu faire des enquêtes avec et sans cette information et les comparer, ce qui aurait nécessité d'augmenter l'échantillon (et donc le nombre d'enquêtes) pour avoir des résultats significatifs liés à ces caractéristiques ;
- Pour les trajets effectués à vélo, la pente et la densité du trafic routier sur l'itinéraire choisi. **Dans l'enquête SP 2021** : les étapes à vélo sont géocodées pour la première fois dans le MRMT 2021. Pour pouvoir utiliser ces informations pour l'analyse des données SP, il faudrait cependant aussi obtenir ces informations pour les personnes qui n'ont pas pris le vélo et dont on ne connaît pas l'itinéraire, ce qui n'est pas le cas actuellement ;
- **Les coûts fixes liés à la possession de la voiture** (assurance, entretiens, etc). **Dans l'enquête SP 2021** : cet attribut n'était déjà pas repris dans les enquêtes SP précédentes. En effet, c'est un attribut qui impacte plutôt le choix de posséder une voiture que le choix modal pour un trajet particulier. En outre, le MRMT 2021 interroge sur la possession d'une voiture et cette information pourra donc être utilisée lors de l'analyse des données SP ;
- Le prix de la voiture : Les personnes possédant une voiture chère changent moins souvent de moyen de transport (FehrAdvice, 2013). **Dans l'enquête SP 2021** : Le modèle de voiture est

relativement bien connu dans le MRMT 2021, puisque le numéro de la plaque d'immatriculation est demandé. Il est donc envisageable d'utiliser ces informations pour estimer la valeur de la voiture et intégrer cette information lors de l'analyse des données SP. Une variable plus facile à obtenir et qui peut se substituer au prix de la voiture est le niveau de revenu du ménage. Cette variable pourra être utilisée dans l'analyse des données SP, pour tester une segmentation de la population ;

- Les attitudes, comme par exemple la conscience des problèmes environnementaux (Rieser-Schüssler, 2012). **Dans l'enquête SP 2021** : Des questions d'opinion sur la politique des transports sont posées dans le microrecensement mobilité et transports, mais pas à la même partie de l'échantillon que pour le questionnaire SP. Il ne sera donc pas possible d'analyser le lien entre choix modal et opinions. Ce choix a été fait pour ne pas surcharger les répondants puisque ces deux parties (questionnaire sur les opinions et SP) sont posées après l'interview téléphonique, par écrit (en ligne ou sur papier). Par ailleurs, il n'est pas prévu d'intégrer ces variables dans le modèle national de transport et pour le développement de perspectives d'évolution du trafic ;
- **La présence d'un handicap ou d'un problème de santé** du répondant. Le MRMT interroge une partie des répondants sur leur poids et leur taille, permettant de calculer l'indice de masse corporel. L'ensemble des répondants est interrogé sur sa capacité à se déplacer 200 mètres sans aide. **Dans l'enquête SP 2021** : il est donc envisageable d'utiliser l'information sur la capacité de se déplacer sur 200 mètres sans aide lors de l'analyse des données SP ;
- Les **bagages** à porter pour le trajet (FehrAdvice, 2013). Le MRMT interroge une partie de l'échantillon sur les bagages portés de manière ouverte. L'interviewer définit ensuite une des 5 catégories (sac/porte-documents/panier à courses, valise légère, valise lourde, poussette/vélo/remorque, équipement de sport - p.ex. skis). **Dans l'enquête SP 2021** : il serait possible d'utiliser ces informations lors de l'analyse des données SP des répondants interrogés sur les bagages, si cet échantillon s'avère être suffisamment large et suffisamment représentatif.

13.5. Conclusions

Cette revue a rappelé les grands principes de la théorie des choix discrets et l'importance de celle-ci dans les modèles de choix modal utiles à l'estimation des comportements de mobilité. L'approche des préférences déclarées (SP) a été discutée au regard des différentes critiques qui lui sont faites. Cette approche, moyennant certaines précautions dans le design de l'enquête SP, s'avère robuste et pertinente dans le cadre de la présente étude afin d'évaluer les différentes politiques à tester. Une revue récente des approches par apprentissage machine (machine learning) montre que l'état de la recherche n'est pas encore transposable à l'utilisation dans la pratique.

Ensuite, les attributs pour le choix modal, le choix des itinéraires routiers et le choix des itinéraires TP ont été discutés. Au terme de notre revue de la littérature, il apparaît qu'aucune variable importante n'a été omise pour l'enquête SP 2015 et ne le sera pour l'enquête SP 2021. Le nombre de variables que

l'on peut ajouter dans un questionnaire de ce type est limité et nécessite de faire des choix. Par ailleurs, tous les facteurs n'ont pas la même importance sur le choix modal. Finalement, ces facteurs doivent pouvoir au moins en partie être intégrés dans un modèle de transport et permettre de générer des prédictions sensibles aux principales politiques publiques envisagées et à tester.

13.6. Références

- ARE. (2012). *Stated Preference-Befragung (SP-Befragung) 2010 zum Verkehrsverhalten im Personenverkehr*.
- ARE. (2017). *Analyse der SP-Befragung 2015 zur Verkehrsmodus- und Rou-tenwahl*. Récupéré sur <https://fehradvice.com/blog/2013/08/20/fehradvice-studie-mobilitaetsverhalten-von-pendlern-zur-spitzenzeit-heute-und-morgen/>
- ARE. (2019). *Modelle tablierung Nationales Personenverkehrsmodell (NPVM) 2017*.
- Ben-Akiva, M., & Bierlaire, M. (1999). Discrete choice methods and their applications to short term travel decisions. Dans *Handbook of transportation science* (pp. 5–33). Boston: Springer. doi:10.1007/978-1-4615-5203-1_2
- Ben-Akiva, M., & Bierlaire, M. (2003). Discrete choice models with applications to departure time and route choice. Dans *Handbook of Transportation Science* (pp. 7-38). Kluwer.
- Ben-Akiva, M., & Morikawa, T. (1990). Estimation of switching models from revealed preferences and stated intentions. *Transportation Research 24A (6)*, 24A(6), pp. 485–495.
- Bierlaire, M. C. (2011). *Projet de recherche sur la mobilité combinée, Rapport définitif de l'enquête de préférences révélées*.
- Bösh, P., Becker, F., Becker, H., & Axhausen, K. (2018). Cost-based analysis of autonomous mobility services. *Transport Policy*, 64, pp. 76-91.
- Cerema. (2015). *Concevoir un modèle de choix modal - Modélisation multimodale des déplacements de voyageurs*. Cerema.
- Danalet, A. &. (2017, May). The potential of smartphone data for national travel surveys. In *17th Swiss Transport Research Conference. Monte Verità/Ascona*, pp. 17-19.
- Danalet, A. &. (2018, May). Mobility Resources in Switzerland in 2015. *Swiss Transport Research Conference*.
- Danalet, A. T. (2016). Location choice with longitudinal WiFi data. *Journal of choice modelling*, 18, pp. 1-17.
- de Freitas, L. M. (2019). Modelling intermodal travel in Switzerland: A recursive logit approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 119, 119, pp. 200-203. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.11.009>
- Dios Ortuzar, J., & Willumsen, L. (1995). *Modelling Transport*.
- Duarte, A., Garcia, C., Giannarakis, G., Limao, S., Polydoropoulou, A., & Litinas, N. (2010). New approaches in transportation planning: happiness and transport economics. *Netnomics*, 11, 5-32.

- Ehreke, I. H. (2019). Reliability in the German Value of Time Study. *Journal of the Transportation Research Board*, 2495(1), 14-22. doi:<https://doi.org/10.3141/2495-02>
- FehrAdvice. (2013). *FehrAdvice-Studie: "Mobilitätsverhalten von Pendlern zur Spitzenzeit heute und morgen"*. Récupéré sur <https://fehradvice.com/blog/2013/08/20/fehradvice-studie-mobilitaetsverhalten-von-pendlern-zur-spitzenzeit-heute-und-morgen/>
- Fujii, S., & Garling, T. (2003). Application of attitude theory for improved predictive accuracy of stated preference methods in travel demand analysis. *Transportation Research Part A* 37, pp. 389-402.
- Gärling, T. &. (2003). Introduction: Habitual travel choice. *Transportation*, 30(1), pp. 1-11.
- Hensher, D. A. (2006). How do respondents process stated choice experiments? Attribute consideration under varying information load. *Journal of applied econometrics*, 21(861-878).
- Héran, F. (2014). *Le retour de la bicyclette. Une histoire des déplacements urbains en Europe, de 1817 à 2050*. Paris: La Découverte.
- Hillel, T., Bierlaire, M., & Jin, Y. (2019). *A systematic review of machine learning methodologies for modelling passenger mode choice*. School of Architecture, Civil and Environmental Engineering, Transport and Mobility Laboratory. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Récupéré sur <https://transportor.epfl.ch/documents/technicalReports/HillelBierlaireJinReview2019.pdf>
- Jaffe, E. (2016). *What the U.S. Can Learn From Northern Europe about Winter Cycling*. Récupéré sur Citylab: <http://www.citylab.com/commute/2016/01/winter-bike-riding-seasonal-cycling/426960>.
- Kowald, M. K. (2017). Determinants of mobility resource ownership in Switzerland: changes between 2000 and 2010. *Transportation*, 44(5), pp. 1043-1065.
- Li, Z., & Hensher, D. A. (2012). Congestion charging and car use: A review of stated preference and opinion studies and market monitoring evidence. *Transport Policy*, 20, pp. 47-61. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.12.004>
- Liu, R., Pendyala, R., & Polzin, S. (1997). Assessment of Intermodal Transfer Penalties Using Stated Preference Data. *Transportation research record*, 1607(1), pp. 74-80. doi:<https://doi.org/10.3141/1607-11>
- Loomis, J. (2011). What's to know about hypothetical bias in stated preference valuation studies? *Journal of Economic Surveys*, 25(2), 25(2), pp. 363-370.
- Morikawa, T. (1994). Correcting state dependence and serial correlation in the RP/SP combined estimation method. *Transportation* 21(2), 21(2), pp. 153-165.
- Morikawa, T., Ben-Akiva, M., & Yamada, K. (1991). Forecasting intercity rail ridership using revealed preference and stated preference data. *Transportation Research Record*, 1328, 328, pp. 30-35.

- Müller, S. T. (2008). Travel-to-school mode choice modelling and patterns of school choice in urban areas. *Journal of transport Geography* 16(5), pp. 342-357.
- Nankervis, M. (1999). The effect of weather and climate on bicycle commuting. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 33(6), pp. 417-431.
- Office fédéral de la statistique (OFS). (2013). *Microrecensement Mobilité et Transports 2010*. Neuchâtel.
- Office fédéral de la statistique (OFS). (2018). *Microrecensement Mobilité et transports 2015*. Neuchâtel. Récupéré sur <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/mobilite-transports/enquetes/mzmv.html>
- Phithakkitnukoon, S. S. (2017). Inferring social influence in transport mode choice using mobile phone data. *EPJ Data Science*, 6, pp. 1-29.
- Polak, J., & Jones, P. (1993). The acquisition of pre-trip information: A stated preference approach. *Transportation*, 20(2)(20), pp. 179-198.
- Rérat, P. (2019). Cycling to work: Meanings and experiences of a sustainable practice. *Transportation research part A: policy and practice*, 123, pp. 91-104.
- Rieser-Schüssler, N. &. (2012). Investigating the influence of environmentalism and variety seeking on mode choice. *Transportation research record*, 2322(1), pp. 31-41.
- Schimid, B., Schmutz, S., & Axhausen, K. W. (2016). Explaining mode choice, taste heterogeneity, and cost sensitivity in a post-car world. *TRB 95th Annual Meeting Compendium of Papers* (pp. 16-5161). Washington, DC: Transportation Research Board. doi:<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000102843>
- Taylor, D. B., & Mahmassani, H. (1997). Analysis of Stated Preferences for Intermodal Bicycle-Transit Interfaces. *Transportation Research Record*, 1556(1), 1556, pp. 86-95. doi:10.3141/1556-11
- Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge University Press.
- Vrtic, M., Schuessler, N., Erath, A., & Axhausen, K. (2010). The impacts of road pricing on route and mode choice behaviour. *Journal of Choice Modelling* 3(1), 3(1), 109-126.
- Wardman, M. (1991). Stated preference methods and travel demand forecasting: An examination of the scale factor problem. *Transportation Research Part A: General*, 25(2-3), 25A, pp. 79-89.
- Wardman, M. (2014, April). Valuing convenience in public transport. *International Transport Forum*.
- Weis, C., Vrtic, M., Widmer, P., & Axhausen, K. (2011). Influence of parking on location and mode choice: A stated choice survey. *Arbeitsberichte Verkehrs-und Raumplanung*, 684, 41. doi:<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000066927>
- Widmer, P., Buhl, T., Vrtic, M., Weis, C., Montini, L., & Axhausen, K. W. (2016). Einfluss des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten und den Energieverbrauch. *Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Strassen*, 1596.

14. ANNEXE 4 - REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES MODÈLES DE CHOIX DE L'HEURE DE DÉPART

14.1. Introduction

14.1.1. OBJECTIFS DES MODELES DE CHOIX DE L'HEURE

La modélisation des préférences des usagers en ce qui concerne l'heure de départ constitue une dimension importante de la modélisation de trafic. L'objectif de ce type de modèles est double : d'une part, ces modèles ont pour objectif d'analyser le comportement actuel des usagers de la route et des transports publics. En réponse à la congestion routière ou à la saturation des transports publics, certains usagers décalent déjà leur heure de départ. Et d'autre part, ces modèles ont pour objectif d'estimer l'impact des politiques visant à désengorger les réseaux routiers et de transport public (TP) saturés aux heures de pointe, comme par exemple une tarification plus élevée en heures de pointe.

Les modèles de choix de l'heure de déplacement permettent de représenter le comportement des usagers quand ils font des arbitrages entre des temps de trajets plus ou moins longs ou plus ou moins confortables, un éventuel surcoût aux heures de pointe, et un éventuel décalage de leur heure de départ et de leur heure d'arrivée. Un modèle de choix de l'heure de départ permettra donc de simuler l'étalement de la demande autour des heures de pointe en réponse aux politiques envisagées.

14.1.2. OBJECTIFS DE L'ENQUETE SP 2021

L'enquête SP suisse de 2015 ne comprenait pas de questions SP⁵⁹ sur le choix de l'heure de départ, mais de telles questions ont été introduites dans l'enquête de 2020. L'objectif de ce nouveau groupe de questions est d'estimer un modèle de choix de l'heure de départ qui pourra être intégré au modèle national de trafic voyageur (MNTP, www.are.admin.ch/mntp) et dans les modèles de transports cantonaux ou des CFF par exemple, avec le modèle de choix du mode de transport et les modèles de choix d'itinéraire routier et en transport public, afin de tester le comportement des usagers en réponse à différentes politiques de tarification.

Le comportement vis-à-vis de l'heure de départ est étudié à la fois pour les usagers routiers et pour les usagers des transports publics. Les usagers du train ou des transports publics urbains (TPU) (bus, tram) peuvent aussi envisager d'avancer ou de reculer leur heure de départ pour bénéficier d'un train ou d'un TPU moins chargé, offrant plus de places assises et de confort ou pour limiter la probabilité d'un retard dû à une surcharge de trafic. Dans la littérature scientifique étudiée par RAND Europe (RAND Europe, 2014), 6 études de l'heure de départ ou d'arrivée ne traitent que de la voiture, 7 traitent de la voiture et des transports publics et 5 de la voiture, des transports publics et des modes doux.

Les nouvelles questions SP intégrées dans l'enquête de 2020 ont été formulées de manière à répondre à deux objectifs : estimer les fonctions d'utilité relatives au choix de l'heure de départ et estimer la *structure hiérarchique* du choix combiné du mode de transport et de l'heure de départ (les usagers

⁵⁹ SP : Stated Preference (préférences déclarées), par opposition à RP : Revealed Preference (préférences révélées).

choisissent-ils d'abord le mode et puis l'heure, ou bien choisissent-ils d'abord l'heure et ensuite le mode ?). Même si les deux choix sont entremêlés et faits pratiquement en même temps, les personnes choisissent en principe d'abord sur le sujet où les options sont les plus différentes les unes des autres (moins substituables) et où donc le choix risque de leur « coûter » le plus. Et, inversement, les élasticités sont plus fortes aux niveaux inférieurs de la hiérarchie où les options sont plus substituables. Par exemple, si le choix de l'heure de départ est *inférieur* au choix du mode dans la hiérarchie, une différence de coût du déplacement entre deux heures aura un effet *plus important* (élasticité plus grande parce qu'options plus substituables) qu'une différence de coût entre deux modes.

14.1.3. CONTENU DE LA REVUE DE LA LITTÉRATURE

La première partie de la revue de la littérature porte sur la théorie des **modèles** de choix de l'heure de départ et en particulier sur les modèles traitant conjointement le choix de l'heure de départ et le choix du mode de transport. Ces considérations théoriques nous permettent ensuite d'analyser les enjeux concernant la construction des **enquêtes SP**.

Finalement, quatre modèles de choix de l'heure intégrés dans des modèles de transport sont présentés avec une attention particulière sur la définition du choix de l'heure et sur la méthode d'inclusion de celui-ci dans le modèle de transport.

14.2. Modèles de choix de l'heure

La revue de la littérature présentée dans cette section résume les principales conclusions concernant la modélisation théorique du choix de l'heure, ainsi que les conclusions concernant l'intégration de ce type de modèle de choix dans les modèles de transport. Cette revue de la littérature s'inspire principalement du rapport de RAND Europe ; « *Time Period choice modelling – review of practice* » de 2014 (RAND Europe, 2014).

14.2.1. TYPE DE DONNEES UTILISEES

14.2.1.A. DONNEES DE PREFERENCES DECLAREES ET REVELEES

Pour rappel, les modèles de choix discrets peuvent être estimés avec deux types de données (ou une combinaison des deux) : les données de préférences déclarées (SP), qui sont des choix effectués par des répondants à une enquête dans des situations de choix hypothétiques, et les données de préférences relevées (RP), qui sont des choix effectivement réalisés lors de situations de choix vécues (CEREMA, 2015).

Le chapitre 3 de la revue de la littérature sur le choix modal discute de manière détaillée les atouts et les limites de ces deux types de données, ainsi que l'intérêt de les combiner. Dans cette section, l'attention est portée sur l'utilisation de ces deux types de données dans la littérature pour l'estimation des modèles de choix de l'heure plus particulièrement.

La revue de la littérature sur les modèles de choix de l'heure, réalisée par RAND Europe (RAND Europe, 2014), analyse 22 articles scientifiques et 6 modèles de transport qui intègrent un modèle de choix de

l'heure. Concernant les modèles de transport, 3 modèles ont été estimés sur base d'une combinaison de données RP/SP, 2 modèles sur base de données RP seules et 1 sur base de données SP seules. L'utilisation des données SP est relativement plus importante pour les articles scientifiques, même si l'utilisation de données SP reste inférieure à l'utilisation de données RP (7 articles utilisent des données SP, contre 10 des données RP et 3 une combinaison des données RP et SP). Cette différence provient probablement du fait que les données SP permettent de développer des modèles plus détaillés mais qui peuvent être difficile à implémenter dans des modèles à large échelle qui combinent plusieurs modèles de choix. Cependant, cette revue met également en évidence la difficulté d'estimer la sensibilité relative du choix de l'heure de départ uniquement avec des données RP. Globalement, il semble que les recherches récentes s'appuient principalement sur les données SP (Thorhauge M. , 2015). L'utilisation des données SP se justifie surtout par la non-disponibilité de données RP suffisamment précises et par la volonté de tester des politiques ou alternatives hypothétiques.

Pour rappel, l'option recommandée est la combinaison des données RP et SP lorsque les deux sont disponibles. La combinaison des enquêtes RP et SP a déjà été appliquée à l'estimation des modèles de choix de l'heure (Börjesson, Joint RP-SP data in a mixed logit analysis of trip timing decisions, 2008). Cette étude a mis en évidence des différences entre les estimations avec des données RP et les estimations avec des données SP. Une explication possible avancée est la différence temporelle entre les deux types d'enquêtes. Les modifications de comportement des usagers en matière d'heure de déplacement ne sont pas nécessairement immédiates car elles nécessitent parfois des ajustements préalables (par exemple une réorganisation des tâches au sein du ménage). Le répondant peut donc répondre dans l'enquête qu'il ne change pas d'heure de déplacement (parce qu'il ne peut pas) alors que dans la réalité, à moyen-long terme, il réorganisera ses activités et changera d'heure. Cette divergence peut être évitée si on dit explicitement dans l'enquête que les réponses aux questions SP doivent être données pour le moyen terme, avec une réorganisation éventuelle si on la juge possible.

14.2.1.B. SOURCES DE DONNÉES

En plus des traditionnels questionnaires papier et sur internet, de nouvelles sources de données sont disponibles et utilisées pour étudier le choix de l'heure de départ.

Données issues des antennes GSM

Les données issues des antennes de téléphonie mobile (données GSM) pourraient permettre d'étudier le choix de l'heure de départ. Ces données ont l'avantage de présenter des échantillons de grande taille. Cependant, les données GSM ne fournissent habituellement ni les données socio-économiques, ni l'heure de départ ou d'arrivée préférée. Par ailleurs, elles ne couvrent souvent pas l'ensemble de la population ou un échantillon représentatif de celle-ci, mais seulement les utilisateurs d'un téléphone portable, et très souvent d'un seul opérateur téléphonique.

La précision de la géolocalisation des données est limitée par la taille de la cellule, la zone couverte par une antenne. En conséquence, seuls les mouvements inter-cellulaires peuvent être observés. Ces cellules peuvent être cependant de petite taille dans les zones denses comme les centres-villes (Bwambale, Choudhury, & Hess, 2019).

Données issues du smartphone de la personne-cible

Un smartphone peut fournir différentes informations : localisation GPS, antenne GPS à laquelle le téléphone est connecté, etc. Par rapport aux données des antennes GSM, il est possible, si l'utilisateur l'accepte et les fournit, d'obtenir des informations socio-économiques et sur l'heure de départ ou d'arrivée préférée (Peer, 2013).

Tant les données issues des antennes GSM que celles issues du smartphone sont des données de préférences révélées qui ne fournissent pas d'information sur les préférences déclarées et donc ne permettent pas de tester de nouvelles politiques publiques. L'utilisation du GPS a l'avantage de fournir des heures de départ et des temps de trajet réalistes et précis par rapport aux enquêtes papier ou sur internet (Peer, 2013). Cela permet d'éviter le biais lié à des données reportées par la personne elle-même. Ce biais est cependant limité dans l'enquête RP 2020 associée à l'enquête SP 2021, puisqu'un outil de routage fournit les temps de trajet en voiture et en transports publics directement pendant l'interview téléphonique.

14.2.2. SEGMENTATION

Dans la majorité des études et des modèles de transport, le modèle de choix de l'heure est segmenté par motif de déplacement (Fox, Patrui, Daly, & Patil, 2014; Fox & Daly, 2013; Fox J. P., 2013).

Toutefois, certaines études ne s'intéressent qu'à la question du choix de l'heure de départ pour les trajets pour le travail (Liu, Li, & Hu, 2017; Lizana, Arellana, Ortúzar, & Rizzi, 2013; Kristoffersson, 2013).

En outre, de nombreuses études ont montré que la flexibilité des horaires de travail a un impact important sur la sensibilité au choix de l'heure de départ (Hess, Polak, Daly, & Hyman, 2007; Börjesson, Joint RP-SP data in a mixed logit analysis of trip timing decisions, 2008; Börjesson, Modelling the preference for scheduled and unexpected delays, 2009; De Jong G. , et al., 2003).

Lorsque cet attribut n'est pas disponible, le type d'occupation ou le type de contrat (mi-temps/temps plein) sont parfois utilisés comme proxy pour la flexibilité de l'horaire de travail (RAND Europe, 2014).

D'autres segmentations ont été utilisées dans les modèles de choix de l'heure analysés :

- femmes avec enfants / autres (Ben-Akiva & Abou-Zeid, 2013; RAND Europe, 2014) ;
- revenu élevé / autres revenus (Ben-Akiva & Abou-Zeid, 2013; RAND Europe, 2014; Willigers & de Bok, 2009; Williams & Bates, 1993) ;
- travailleurs / retraités (Holguín-Veras & Allen, 2013; RAND Europe, 2014) ;
- possession d'un véhicule ou non (Williams & Bates, 1993; RAND Europe, 2014) ;
- parking disponible ou non (Williams & Bates, 1993; RAND Europe, 2014).

Dans l'enquête SP 2021, quelques questions RP sont posées à tous les répondants concernés par l'exercice SP sur le choix de l'heure de départ pour estimer leur degré de flexibilité quel que soit leur motif de déplacement. Les réponses à ces questions permettront de tester le degré de flexibilité comme variable explicative dans la modélisation.

14.2.3. TRAITEMENT DE L'HEURE DE DEPART

Les modèles de choix de l'heure de déplacement ont pour objectif de représenter le comportement des usagers quand ils font un choix entre des temps de trajets plus ou moins longs ou entre plus ou moins de confort (pour les modes PT), un éventuel surcoût de pointe, et un éventuel décalage de leur heure de départ et donc d'arrivée par rapport à leur heure préférée.

Pour évaluer la perte en utilité d'un usager lorsqu'il s'écarte de son heure d'arrivée ou de départ préférée, le modèle de planification (« scheduling model »), développé par Small en 1982 (Small K. , 1982), est généralement utilisé. Le modèle de planification est basé sur la théorie du goulot d'étranglement (« Bottleneck theory »), développée par Vickrey (Vickrey, 1969) et consiste en un compromis entre le temps de trajet et les pénalités de reprogrammation, c'est-à-dire être à l'avance ou être en retard.

Pour modéliser le choix de l'heure de départ avec le modèle de planification deux choix méthodologiques se posent (Hess, Daly, Rohr, & Hyman, 2007; Thorhauge M. C., 2014):

- la manière de traiter l'heure de départ et d'arrivée: de manière continue ou discrète ;
- la structure du modèle de choix : ce point est abordé dans la section 2.4.

14.2.3.A. DEFINITION DU MODELE DE PLANIFICATION (« SCHEDULING MODEL »)

Dans les modèles de type « Scheduling model », la désutilité liée au changement de l'heure de départ est formulée comme un écart par rapport à l'heure d'arrivée préférée. On considère dans cette section le problème de Vickrey qui fait généralement référence à l'heure de pointe du matin, et dans ce cas le décalage est généralement mesuré par rapport à l'heure d'arrivée préférée. Il est possible de définir le même type de modèle avec le décalage par rapport à l'heure de départ préférée pour les déplacements en période de pointe du soir par exemple.

On fait l'hypothèse que la désutilité associée au décalage n'est pas symétrique, c.-à-d., elle n'est pas la même si l'heure de départ est plus tôt que l'heure de départ préférée ou si elle est plus tard.

Exprimé en termes d'utilité, le modèle de Vickrey s'écrit comme suit, par exemple dans un contexte routier et sans tarification spécifique à la pointe du matin :

$$U(t_{ijk}, H_k) = \alpha * t_{s_{ijk}} + \beta * \Delta t_{\hat{t}_{ijk}} + \gamma * \Delta t_{ard_{ijk}}$$

dans laquelle :

- $U(t_{ijk}, H_k)$ est l'utilité de choisir l'heure H_k dans laquelle le temps de trajet routier pour aller de i à j égale t_{ijk} ,
- t_{ijk} est le temps de trajet routier entre i et j ,
- $\Delta t_{\hat{t}_{ijk}}$: décalage plus tôt par rapport à l'heure d'arrivée souhaitée
- $\Delta t_{ard_{ijk}}$: décalage plus tard par rapport à l'heure d'arrivée souhaitée

Les modèles de type Vickrey présentés dans la littérature ont généralement des coefficients qui se classent comme ceci : $\beta < \alpha < \gamma$ (Vickrey, 1969). Autrement dit, le plus pénalisant est le décalage vers une heure plus tardive.

En cas de politique de tarification spécifique de pointe, un terme de la forme $\delta * P\acute{e}age_{ijk}$ (où $P\acute{e}age_{ijk}$: péage à l'heure du déplacement) s'ajoute à la fonction d'utilité.

Dans la majorité des études dans la littérature, le choix de l'heure de départ est discrétisé en un nombre fini de périodes horaires pour pouvoir utiliser la théorie des modèles de choix discrets pour estimer les coefficients de la fonction d'utilité (Small K. , 1982; Small K. A., 1987; Börjesson, Joint RP-SP data in a mixed logit analysis of trip timing decisions, 2008; Börjesson, Modelling the preference for scheduled and unexpected delays, 2009; Hess, Daly, Rohr, & Hyman, 2007; Hess, Polak, Daly, & Hyman, 2007; De Jong G. , Daly, Pieters, & al., 2003).

Le concept du modèle de planification avec un traitement discret de la variable de choix de l'heure est que les individus font face à un ensemble discret d'alternative d'heure de départ et qu'ils choisissent en fonction de l'utilité suivante :

$$V_{jnt} = ASC_j + \beta_{TT} * TT_{jnt}(DT_{jnt}) + \beta_{TC} * TC_{jnt}(DT_{jnt}) + \beta_{SDE} * SDE_{jnt} + \beta_{SDL} * SDL_{jnt}$$

où V_{jnt} est l'utilité pour l'individu n associé à l'alternative j dans le choix t. TT est le temps de trajet qui dépend de l'heure de départ DT , TC est le coût du trajet qui dépend aussi de l'heure de départ DT et SDE et SDL sont le coût d'arriver en avance ou en retard. Le retard sur l'horaire (SD) est défini comme la différence entre l'heure d'arrivée préférée (PAT) et l'heure d'arrivée réelle (AT) de la solution j, et l'AT doit être égale à l'heure de départ plus la durée totale du trajet.

Utilisation pratique de ces modèles

Les modèles de planification, qu'ils utilisent un temps continu ou discret, nécessitent de récolter des informations sur l'heure de départ ou d'arrivée de référence et sur l'heure d'arrivée préférée, afin de pouvoir estimer les coefficients liés au décalage de l'heure de départ et de pouvoir les appliquer dans le modèle par la suite. Les données sur l'heure de départ ou d'arrivée de préférence peuvent être compliquées à obtenir dans le cadre d'une modélisation à large échelle.

Selon Hess, Daly, et al. (2007), dans un contexte de modèle prévisionnel, les modèles discrets sont privilégiés car les modèles avec une définition continue du choix de l'heure tendent à être trop complexes et trop exigeants en termes de données. Dans le cadre des modèles à large échelle, en plus du nombre important de données d'entrées requises, l'utilisation du modèle continu entraîne des temps de calcul très importants.

Le principal avantage des modèles de retard continu est qu'ils permettent d'exprimer la désutilité de manière continue en fonction du temps de décalage de l'heure de départ et qu'ils ne nécessitent donc pas de définir des intervalles et de s'interroger sur le nombre, l'amplitude et la corrélation entre les périodes.

L'utilisation des modèles discrets pour modéliser le choix de l'heure de départ implique de reformuler le choix continu de l'heure de départ comme un problème de choix discret entre un nombre fini de périodes et d'estimer ce choix sur base des modèles de choix discrets (Ben-Akiva M. E., 1985). Ce type de modèle permet d'estimer des désutilités associées aux différentes périodes de départ, ce qui est plus simple à implémenter dans un modèle de déplacements. L'information sur les heures de départ

préférées est utilisée pour définir des périodes d'heure de départ de préférence distinctes selon d'autres critères récoltés (caractéristiques socio-économiques par exemple) pour traduire l'aspect « avant » et « après » la période de départ préférée. Dans ce sens le modèle discret permet d'obtenir des informations similaires au modèle continu, étant toutefois plus simple à implémenter, compte tenu de sa discrétisation.

La **discrétisation de l'heure de départ en un certain nombre de périodes de temps** est une étape importante de la construction du modèle de choix de l'heure. Premièrement, concernant la longueur des intervalles de temps, un arbitrage doit être réalisé entre une résolution temporelle relativement fine et la complexité du modèle (Ben-Akiva M. a., 2003). Selon RAND Europe, parmi les 20 modèles issus de la littérature scientifique, 8 ont des périodes de moins d'une heure, 4 des périodes d'une heure exactement et 8 des périodes de plus d'une heure. Deuxièmement, la corrélation entre les différentes options (période de temps) doit être prise en considération dans le modèle (Ben-Akiva M. a., 2003). En effet, le modèle économétrique doit permettre de la corrélation entre les options qui sont proches les unes des autres d'un point de vue de l'heure de départ et ou parce qu'elles proposent le même mode de transport. Troisièmement, les options proposées dans l'enquête SP doivent dépendre de la durée du déplacement. En effet, un écart de dix minutes par rapport à l'heure de départ rapportée par le répondant n'aura pas les mêmes implications et ne sera pas perçu de la même manière si la durée de déplacement est de 15 minutes ou de deux heures.

Selon RAND Europe, parmi 24 modèles issus de la littérature scientifique, 4 seulement sont continus, contre 20 avec des intervalles discrets.

14.2.3.B. MODÈLE SIMPLIFIÉ

Les modèles de planification nécessitent une quantité non négligeable de données qui ne sont pas toujours disponibles (temps de trajet, heure de départ actuelle, heure de départ préférée, ...). Quand ces données ne sont pas disponibles, une approche méthodologique est nécessaire, qui ne nécessite pas de données sur les retards et les heures préférées (Hess, Daly, Rohr, & Hyman, 2007).

Dans cette formulation, la préférence des usagers pour une tranche temporelle est représentée par une constante. Sous-jacente à la valeur des constantes, il y a donc la distribution des heures préférées des usagers mais cette information n'est pas nécessaire pour estimer le modèle.

Cette formulation donne l'utilité associée à un déplacement en fonction du temps de trajet et de l'heure à laquelle le déplacement s'effectue. La forme générale de ces modèles est :

$$U(t_{ijk}, T_k) = \beta_1 * ts_{ijk} + \text{constante associée à la tranche temporelle } T_k$$

dans laquelle :

- $U(t_{ijk}, T_k)$ est l'utilité de choisir la tranche temporelle T_k dans laquelle le temps de trajet routier pour aller de i à j égale t_{ijk} ,
- t_{ijk} est le temps de trajet routier entre i et j , dans la tranche temporelle T_k
- constante associée à T_k : derrière cette constante associée à la tranche T_k , il y a les heures de départ et d'arrivée préférées.

En cas de politique de surcoût à la pointe, un terme de la forme $\beta_2 * P\acute{e}age_{ijk}$ (où $P\acute{e}age_{ijk}$: péage à l'heure du déplacement] s'ajoute à la fonction d'utilité.

Traitement de l'heure de départ dans l'enquête SP 2021

Pour l'enquête SP 2021, les options temporelles sont exprimées par une heure précise qui est calculée sur base de l'heure réelle de départ de du répondant. Cette méthode a été privilégiée car elle est plus facile à comprendre et plus réelle pour le répondant, et permet plus de flexibilité au stade ultérieur de la modélisation.

Dans l'enquête SP2021, les répondants qui reçoivent le SP4 choix de l'heure sont interrogés sur leur heure d'arrivée préférée.

Les données récoltées dans l'enquête SP permettent donc de construire un modèle de choix de l'heure, avec l'heure définie comme une variable continue ou discrète ou un modèle simplifié.

14.2.4. STRUCTURE DU MODELE DE CHOIX

Dans cette section, nous passons en revue les différents modèles de choix utilisés dans les articles et dans les modèles de transport analysés dans le cadre de cette revue de la littérature.

Deux grandes catégories de modèles de choix sont présentées : les modèles qui traitent du choix de l'heure de départ seul et les modèles qui traitent du choix de l'heure conjointement avec un autre choix : choix du mode, de l'itinéraire ou de la destination.

Les modèles les plus fréquemment utilisés sont (De Jong G. , Daly, Pieters, & al., 2003; Ben-Akiva M. a., 2003) :

- les modèles logit multinomiaux (MNL) : ce type de modèle est le plus fréquemment utilisé lorsque seul le choix de l'heure est modélisé ;
- les modèles hiérarchiques (*Nested Logit*) : ces modèles sont utilisés dans de nombreux articles et dans la plupart des modèles de transport recensés. Les modèles *cross-nested logit* sont également utilisés pour prendre en compte la corrélation entre les différentes options ;
- les modèles logit mixtes (*mixed logit*) (Hess, Polak, Daly, & Hyman, 2007): ces modèles permettent de tenir compte d'une sensibilité au choix de l'heure aléatoirement hétérogène entre les répondants ;
- les modèles *Mixed nested logit* (Bajwa, 2008): ces modèles permettent de tenir compte d'une sensibilité au choix de l'heure aléatoirement hétérogène ainsi que de la corrélation entre les différentes options ;
- les modèles de choix hybrides avec des variables latentes⁶⁰ pour expliquer le choix de l'heure (Thorhauge M. C., 2019). Les modèles de choix hybrides intègrent un modèle à variables latentes dans un modèle de choix discret avec pour objectif d'améliorer le pouvoir

⁶⁰ Les modèles à variables latentes postulent l'existence de variables inobservables directement mais dont on peut mesurer ou observer les effets.

explicatif du modèle de choix discret en considérant les effets des attitudes latentes des décideurs (Jinhee Kim, 2014).

L'utilisation d'un modèle de choix hiérarchique implique d'estimer l'ordre entre le choix du mode et le choix de l'heure de départ. La structure la plus couramment observée est celle où le choix du mode se trouve « au-dessus » du choix de l'heure de départ, dans la hiérarchie. C'est-à-dire, où la sensibilité du choix de l'heure au temps et au coût est plus importante que celle du choix du mode. Hess, Polak, et al. (2007) mettent en évidence que la sensibilité à un changement de l'heure de départ dépend de l'ampleur de ce changement⁶¹ et des caractéristiques du segment analysé (motif, horaire de travail flexible ou non).

Il faut également noter que certains modèles de choix de l'heure de départ sont basés sur les conditions de déplacements entre une origine et une destination, tandis que d'autres modèles sont basés sur les conditions de déplacement à l'aller et au retour (Hess, Polak, Daly, & Hyman, 2007). Dans le deuxième cas, les options sont définies par une combinaison d'heures aller et retour. Cela permet d'estimer un modèle simultanément sur le choix de l'heure à l'aller et au retour.

14.3. Enquêtes SP

Cette section comprend une analyse de plusieurs enquêtes SP réalisées dans le but d'estimer des modèles de choix du mode et de l'heure de départ. Le but de ces enquêtes SP sur le mode et l'heure de départ est double. D'une part, les résultats de l'enquête doivent permettre d'estimer la sensibilité des individus à l'heure de départ/d'arrivée. D'autre part, les résultats doivent également permettre d'estimer la sensibilité relative entre le mode et l'heure de départ (hiérarchie).

14.3.1. ÉCHANTILLON

Le modèle de choix de l'heure (et de choix de mode et/ou d'itinéraire) est estimé sur un échantillon de la population. Pour le modèle de choix de l'heure, on enquête les usagers qui se déplacent durant la période de pointe.

14.3.2. QUESTIONS RP

Une première partie du questionnaire comprend des questions qui permettent de caractériser la personne (statut socio-professionnel) et également ses habitudes de déplacement.

Dans de nombreuses études, le niveau de flexibilité des horaires de travail est demandé, avec l'objectif de segmenter le modèle si nécessaire.

⁶¹ Concernant l'ampleur du changement d'heure, voici un exemple un peu caricatural : s'il s'agit de choisir entre des périodes très larges, par exemple entre 6h-10h et 10h-14h, elles sont moins « substituables », et donc il est plus probable que le choix de la période sera au-dessus du choix du mode ; par contre, s'il s'agit de choisir entre les périodes plus étroites 7h30-8h, 8h-8h30, 8h30-9h, elles sont plus semblables, plus substituables, et la probabilité est plus grande de voir le choix du mode en haut de la hiérarchie.

Dans (De Jong G. , Daly, Pieters, & al., 2003), il est aussi demandé aux répondants s'ils ont la possibilité de changer de mode de transport. Une option avec un autre mode sera proposée ou non en fonction de la réponse à cette question.

Afin de personnaliser les questions SP et de s'approcher le plus possible de situations réelles, des informations sur un déplacement réalisé récemment par le répondant sont également rassemblées :

- le motif du déplacement,
- le mode utilisé,
- l'heure habituelle de départ et d'arrivée, ainsi que l'heure préférée de départ si elle est différente (Börjesson, Joint RP-SP data in a mixed logit analysis of trip timing decisions, 2008),
- le temps de trajet.

14.3.3. LE DESIGN SP

Comme on l'a dit plus haut, dans les divers articles analysés, les déplacements sont définis de deux manières différentes. Les questions portent soit sur un déplacement d'une origine à une destination (Börjesson, Joint RP-SP data in a mixed logit analysis of trip timing decisions, 2008) soit sur un déplacement aller-retour (De Jong G. , Daly, Pieters, & al., 2003) (Hess, Daly, Rohr, & Hyman, 2007). Dans ce dernier cas, par exemple pour un déplacement domicile-travail, la question porte sur le déplacement pour aller au travail et le déplacement pour revenir du travail. Ce type de question est proposé pour tenir compte du lien possible entre l'aller et le retour en tenant compte de la durée passée sur place qui est elle aussi, explicitement présentée (De Jong G. , Daly, Pieters, & al., 2003; Hess, Daly, Rohr, & Hyman, 2007).

Dans l'enquête SP de (De Jong G. , Daly, Pieters, & al., 2003), les questions SP demandent de choisir entre 3 ou 4 options:

- la première option propose une heure de départ proche de l'heure du déplacement renseignée dans la première partie du questionnaire (déplacement récent ou heure de départ préférée)
- la deuxième option propose une heure de départ considérablement plus tôt,
- la troisième option propose une heure de départ considérablement plus tard,
- et, la quatrième option propose un autre mode que celui actuellement utilisé (TP pour les usagers TIM et TIM pour les usagers TP) (ceci, seulement pour les personnes qui dans la première partie du questionnaire avaient répondu qu'elles pourraient changer de mode, si cette question a été posée).

Dans celle de Börjesson (2007), l'enquêté a le choix entre son heure de départ, une option qui propose une heure de départ plus tôt ou plus tard et prendre un autre mode.

Cette forme de design SP mêlant choix du mode et choix de l'heure est couramment utilisée (voir aussi (Lu, 2018)) et est aussi le type de design qui a été utilisé dans l'enquête SP réalisée sur le péage routier à Genève en 2017 (Etat de Genève, 2017).

WinMINT
File Question Options Help
Q. A-1 Which option would you choose for your journey? WinMINT©1994-1999

Car, ± same departure time	Car, depart earlier	Car, depart later	Use bus
Departure from home at 7:30 Arrive at destination at 8:30 Departure from destination at 17:00 Arrive home at 18:20	Depart from home at 6:50 Arrive at destination at 7:45 Departure from destination at 16:15 Arrive home at 17:05	Departure from home at 8:10 Arrive at destination at 9:05 Departure from destination at 17:05 Arrive home at 18:00	Departure from home at 7:30 Arrive at destination at 8:00 Departure from destination at 16:30 Arrive home at 16:55
Total (return) travel time is 2 hr 20 min of which 1 hr 10 min in congestion.	Total (return) travel time is 1 hr 45 min of which 35 min in congestion.	Total (return) travel time is 1 hr 50 min of which 40 min in congestion.	Total (return) travel time is 55 min
Duration of stay is 8 hr 30 min	Duration of stay is 8 hr 30 min	Duration of stay is 8 hr	Duration of stay is 8 hr 30 min
Total cost of fuel and parking is £ 1.20	Total cost of fuel and parking is £ 1.20	Total cost of fuel and parking is £ 1.20	Total travel cost is £ 1.75 return cost per person
			You have a seat on 10 of the 10 trips A bus runs 5 times per hour

1 Car, ± same
 2 Car, earlier
 3 Car, later
 4 bus
 5 No preference
 6 Stop journey

Give your answer and then press <OK> (or press <Back> to go back)

Figure 48 - Exemple de question SP (West Midlands Survey) (Hess, Daly, Rohr, & Hyman, 2007)

Dans Börjesson, 2007 et Hess, Daly et al., 2007, le répondant a le choix entre les différentes options modales/temporelles et une option supplémentaire qui est de ne pas faire le déplacement.

L'enquête SP réalisée dans le cadre de l'étude (De Jong G. , Daly, Pieters, & al., 2003) comprend deux exercices SP : un premier avec la politique tarifaire actuelle et un deuxième avec une politique tarifaire spécifique aux heures de pointe.

14.3.4. LES ATTRIBUTS

Les différentes options sont définies par l'ensemble ou une sélection des attributs listés ci-dessous (RAND Europe, 2014) :

- l'heure de départ ou les heures de départ et d'arrivée ou les heures de départ et d'arrivée de l'aller et du retour,
- le temps total de déplacement,
- le temps passé sur place,
- le coût sans charges additionnelles (essence, parking),
- le surcoût aux heures de pointe,
- la probabilité d'avoir une place assise (uniquement pour les options TP),

- la fréquence (uniquement pour les options TP).

La durée de déplacement est parfois définie par un intervalle de temps $[T_{min}; T_{max}]$ (Börjesson, Joint RP-SP data in a mixed logit analysis of trip timing decisions, 2008). L'utilisation d'un intervalle de temps a pour objectif de combiner deux informations : la durée du déplacement et l'incertitude liée à cette durée. L'idée est que si au contraire on affiche un temps de déplacement moyen, on ne sait pas si le répondant considère celui-ci comme un temps exact ou bien s'il suppose une certaine variabilité de celui-ci.

14.3.4.A. L'HEURE DE DÉPART

Premièrement, la sensibilité à une variation de l'heure de déplacement est mesurée soit par rapport à l'heure de départ, soit par rapport à l'heure d'arrivée, ou dans certains cas par rapport à l'ensemble du circuit réalisé (voir Figure 2).

<< Which option would you choose? >> Q A-1

OptionA	OptionB
Depart Home: 7:00 Arrive destination: 8:15 Depart destination: 18:30 Arrive Home: 19:40	Depart Home: 7:30 Arrive destination: 8:30 Depart destination: 18:00 Arrive Home: 19:00
Total travel time: 2 hr 25 min	Total travel time: 2 hr
Total road pricing charge: £ 0.00 Total parking/other costs: £ 5.00	Total road pricing charge: £ 10.50 Total parking/other costs: £ 5.00
Total time at destination: 10hr 15	Total time at destination: 9 hr 30
1 Choose A 2 Choose B 3 Alternate Mode 4 Not Travel	

Figure 49 - Question aller-retour (Hess, Daly, Rohr, & Hyman, 2007)

Par ailleurs, nous n'observons pas de consensus dans les enquêtes SP analysées concernant l'heure de départ à utiliser comme « heure de référence » pour les questions SP : certaines enquêtes utilisent l'heure de départ *observée* (De Jong G. , Daly, Pieters, & al., 2003; Börjesson, Modelling the preference for scheduled and unexpected delays, 2009) et d'autres l'heure de départ *préférée* (Thorhaug M. C., 2014; Lu, 2018).

Deuxièmement, les options proposées sont définies de différentes manières :

- dans certaines enquêtes, l'heure de départ est traitée de manière continue. Les options proposées sont définies comme un écart par rapport à l'heure de départ observée ou préférée ;

A	B
You depart 07:55	You depart 08:30
Travel cost 22 kr	Travel cost 12 kr
Travel time 45-55 min	Travel time 40-90 min
You arrive 8:30-8:40	You arrive 9:10-10:00

I choose:

A B
 Use Public Transport (with the departure and travel time you reported)
 Bike/Walk Cancel the trip

Figure 50 - Exemple de question SP (Börjesson, Joint RP-SP data in a mixed logit analysis of trip timing decisions, 2008)

- dans d'autres enquêtes, un certain nombre d'intervalles de temps sont définis et proposés au répondant : heure actuelle, plus tôt ou plus tard d'une ou deux fois l'intervalle de temps choisi (Antoniou, 1997) ;
- enfin, dans d'autres enquêtes encore, le répondant a le choix entre se déplacer en heures de pointe ou hors heures de pointe (Thorhauge M. C., 2014; Bhat, 1997).

Il s'agit ici des valeurs présentées aux répondants (discrètes, continues ou dans/hors des heures de pointes), et non de la manière de modéliser les réponses (concernant les modèles discrets ou continu, voir chapitre 2.4.1). Il est possible de construire :

- un modèle discret à partir de valeurs présentées discrètes,
- un modèle continu à partir de valeurs présentées continues, et
- un modèle discret à partir de valeurs présentées continues.

Cependant, pour traiter l'heure de départ de manière discrète dans le modèle à partir d'une heure de départ définie de manière continue dans l'enquête SP, il faut définir le lien entre l'heure de départ de l'enquête et un des intervalles du modèle. Cette étape devient plus complexe dans le cas des circuits car il faut faire le lien entre plusieurs intervalles de temps (Hess, Daly, Rohr, & Hyman, 2007).

14.4. Exemples d'intégration du choix de l'heure dans des modèles à 4 étapes

Dans cette section, trois modèles de transport multimodaux nationaux sont présentés. Pour chaque modèle, les données sur lesquelles se base l'estimation du modèle de choix de l'heure et le modèle de choix lui-même sont décrits.

14.4.1. THE ØRESTAD TRAFFIC MODEL (OTM)

L'OTM (Fox J. P., 2013) est utilisé pour prédire la demande des passagers et du transport de fret à travers le Grand Copenhague. Dans la 6ème version du modèle de transport, la modélisation du choix de l'heure de départ a été ajoutée afin de pouvoir tester des politiques liées aux problèmes de congestion. La version précédente OTM-5 comprenait déjà un modèle de choix du mode et de choix de destination.

Le modèle économétrique de choix de l'heure inclus dans l'OTM est défini de la manière suivante :

- le modèle ne concerne que les usagers de la route ;
- le modèle est estimé sur base du déplacement aller-retour ;
- le modèle a été estimé sur base de données RP ou d'une combinaison de données RP et SP, en fonction du motif ;
- le nombre d'intervalles de temps dépend du motif de déplacement (environ dix intervalles de temps). Les différentes options sont définies par des informations sur le temps (heure de départ, heure d'arrivée, ...) mais également des informations sur le coût (coût du péage, coût du parking, ...)
- le modèle utilisé pour représenter conjointement le choix du mode, le choix de la destination et le choix de l'heure de départ est un modèle de type Nested Logit.

14.4.2. PRISM WEST MIDLANDS

PRISM West Midlands est un modèle de prévision de la demande de déplacements développé par RAND Europe et Mott MacDonald afin de tester différentes politiques pour la région des West Midlands au Royaume-Uni. Le modèle traite le choix du mode et de la destination pour 14 motifs de déplacement. Le choix de l'heure de départ est inclus dans le modèle pour les usagers de la voiture dans le but d'évaluer l'impact de l'augmentation de la congestion aux heures de pointe et l'impact de politiques tarifaires spécifiques aux heures de pointe.

Le modèle économétrique de choix de l'heure inclus dans le modèle PRISM est défini de la manière suivante :

- le modèle ne concerne que les usagers des TIM ;
- le modèle est estimé sur base du déplacement aller-retour ;
- le modèle a été estimé sur base d'une combinaison de données RP et SP ;
- choix entre 4 intervalles de temps (période de pointe du matin, période de mi-journée entre les périodes de pointe, période de pointe du soir et heures creuses) sur base du temps et du coût du déplacement ;
- le modèle utilisé pour représenter conjointement le choix du mode, le choix de la destination et le choix de l'heure de départ est un modèle de type Nested Logit.

14.4.3. THE NETHERLANDS NATIONAL MODEL SYSTEM (NMS)

Le modèle national de trafic des Pays-Bas (De Jong, The Dutch National Model System (LMS) : methodology) est utilisé depuis 1986 et a été largement amélioré depuis sa création. Les modèles de choix simulés dans le NMS sont le choix du mode, le choix de la destination, le choix de l'heure et le choix d'itinéraire.

Le modèle de choix de l'heure inclus dans le NMS est défini de la manière suivante :

- le modèle ne concerne que les usagers de la route ;
- le modèle est estimé sur base du déplacement aller-retour ;

- le modèle a été estimé sur base d'une combinaison de données RP et SP ;
- choix entre 9 intervalles de temps sur base du temps et du coût du déplacement ;
- le modèle utilisé pour représenter conjointement le choix du mode, le choix de la destination et le choix de l'heure de départ est un modèle de type Nested Logit.

14.5. Conclusion

En conclusion, cette revue de la littérature sur la modélisation du choix de l'heure du déplacement nous a permis d'avoir une vue d'ensemble sur les connaissances actuelles dans ce domaine et plus particulièrement sur la formulation mathématique du modèle économétrique (quel type de modèle, quelle formulation pour les options, ...) et les différentes méthodes pour intégrer le choix de l'heure de départ dans les modèles de transport.

Concernant les données utilisées, une combinaison de données RP et SP est à privilégier. Des questions RP seront posées aux individus sélectionnés pour l'enquête concernant leurs déplacements actuels. Cette base de données pourra servir d'échantillon pour calculer le facteur d'échelle RP/SP.

Dans le cadre de l'enquête SP 2021, l'objectif est d'intégrer le modèle de choix de l'heure dans un modèle de transport multimodal avec un choix de mode et d'itinéraire. En conséquence, il est recommandé de discrétiser l'heure de départ en intervalle de temps au stade de l'estimation du modèle. Au stade de l'enquête SP, les options ont été définies de manière continue, par rapport à l'heure actuelle ou préférée de déplacement du répondant et elles seront ensuite discrétisées pour le modèle d'application.

D'après la revue de la littérature, l'intégration d'un module de choix de l'heure de départ dans les modèles de transport multimodaux est assez répandue pour les usagers de la route mais pas pour les usagers des transports publics. Par exemple, l'enquête SP réalisée dans le cadre de la mise à jour du modèle national de transport des Pays-Bas (De Jong G. , Daly, Pieters, & al., 2003) a interrogé les usagers TP sur un changement d'heure de départ. Les options proposées sont caractérisées par la probabilité d'avoir une place assise et la fréquence des services TP. Un attribut de coût doit être ajouté afin d'être en mesure de tester une tarification différenciée aux heures de pointe et aux heures creuses, puisque c'est ce qui nous intéresse pour l'enquête SP 2021.

14.6. Références

- Antoniou, C. B.-A. (1997). Demand simulation for dynamic traffic assignment. *Proceeding of the 8th Symposium of Transportation Systems*. Chania, Greece.
- Bajwa, S. B. (2008). Discrete choice modelling of combined mode and departure time. *Transportmetrica*, pp. Vol. 4, No. 2, 155-177.
- Ben-Akiva, M. a. (2003). Discrete choice models with applications to departure time and route choice. Dans M. a. Ben-Akiva, *Handbook of Transportation Science* (pp. p7-38). Kluwer.
- Ben-Akiva, M. E. (1985). *DBen-Akiva, M. E., Lerman, S. R., & Lerman, S. R. (Vol. 9)*. MIT press.
- Ben-Akiva, M., & Abou-Zeid, M. (2013). Methodological issues in modelling time-of-travel preferences. *Transportmetrica A: Transport Science*, 9(9), pp. 846–859.
- Bhat, C. R. (1997). Analysis of Travel and Departure Time Choice for Urban Shopping Trip. *Elsevier*.
- Börjesson, M. (2008). Joint RP-SP data in a mixed logit analysis of trip timing decisions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(6), 44(6), pp. 1025-1038.
- Börjesson, M. (2009). Modelling the preference for scheduled and unexpected delays. *Journal of choice modelling*, 2(1), pp. 29-50.
- Bwambale, A., Choudhury, C., & Hess, S. (2019). Modelling departure time choice using mobile phone data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 130, pp. 424-439. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.054>
- CEREMA. (2015). *Modélisation multimodale des déplacements de voyageurs : concevoir un modèle de choix modal*. Cerema publications.
- De Jong, G. (s.d.). *The Dutch National Model System (LMS) : methodology*. ITS Leeds and CTS Stockholm: Significance .
- De Jong, G., Daly, A., Pieters, A., & al., e. (2003). A model for time of day and mode choice using error component logit. *Logistics and Transportation Review*, pp. 39 (3) pp.245-268.
- De Jong, G., Daly, A., Pieters, M., Vellay, C., Bradley, M., & Hofman, F. (2003). A model for time of day and mode choice using error components logit. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39(3), pp. 245-268.
- Fox, J. P. (2013). *OTM 6 Demand Model Estimation: Mode-Destination-Time Period and Frequency*. RAND Europe.
- Fox, J., & Daly, A. (2013). *Manchester Motorway Box: Post-Survey Research of Induced Traffic Effects - Model Estimation*. Santa Monica. Récupéré sur https://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR676.html
- Fox, J., Patrui, B., Daly, A., & Patil, S. (2014). PRISM 2011 Base: Mode-Destination Model Estimation. (R. Corporation, Éd.) Récupéré sur https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR186.html

- Hess, S., Daly, A., Rohr, C., & Hyman, G. (2007). On the development of time period and mode choice model for use in large scale modelling forecasting systems. *Transportation Research Part A. Elsevier*.
- Hess, S., Polak, J., Daly, A., & Hyman, G. (2007). Flexible substitution Patterns in Models of Mode and Time of Day Choice : New evidence from the UK and the Netherlands. *Transportation*, p. 34 (2).
- Holguín-Veras, J., & Allen, B. (2013). Time of day pricing and its multi-dimensional impacts: A stated preference analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 55, pp. 12–26.
- Jinhee Kim, S. R. (2014). Hybrid choice models: Principles and recent progress incorporating social influence and nonlinear utility functions. *Procedia Environmental Sciences* 22, pp. 20-34.
- Kristoffersson, I. (2013). Impacts of time-varying cordon pricing: Validation and application of mesoscopic model for Stockholm. *Transport Policy*, 28, pp. 51-60. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.02.006>
- Liu, Y., Li, Y., & Hu, L. (2017). Departure Time and Route Choices with Bottleneck Congestion: User Equilibrium under Risk and Ambiguity. *Transportation Research Procedia*, 23, pp. 571-590. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.032>
- Lizana, P., Arellana, J., Ortúzar, J., & Rizzi, L. (2013). Modelling mode and time-of-day choice with joint RP and SC data. *International Choice Modelling Conference (ICMC)*. Sydney, Australia.
- Lu, H. P. (2018). Quantifying travellers' willingness to pay for a tolled tunnel in Copenhagen. *European Transport Conference*.
- Peer, S. K. (2013). Door-to-door travel times in RP departure time choice models: An approximation method using GPS data. *Transportation Research Part B: Methodological*, 58, pp. 134-150.
- RAND Europe. (2014). *Time Period choice modelling - review of practice*. RAND.
- Small, K. (1982). The scheduling of consumer activities: work trips. *The American Economic Review*, 72(3), pp. 467-479.
- Small, K. A. (1987). A Discrete Choice Model for Ordered Alternatives. Dans K. A. Small, *Econometrica*, Vol. 55, No. 2 (pp. pp. 409-424).
- Thorhauge, M. (2015). *Departure time choice: Modelling individual preferences, intention and constraints*. DTU Transport.
- Thorhauge, M. C. (2014). Building efficient stated choice design for departure time choice using the scheduling model: Theoretical considerations and practical implementations. *Proceeding from the Annual Transport Conference*. Aalborg University.
- Thorhauge, M. C. (2019). The role of intention as mediator between latent effects and behavior: application of a hybrid choice model to study departure time choices. *Transportation* 46(4), pp. 14221-1445.

- Vickrey, W. S. (1969). Congestion Theory and Transport Investment. *The American Economic Review*, vol. 59, no. 2, pp. 251-60.
- Williams, I., & Bates, J. (1993). APRIL – A strategic model for road pricing. *21st PTRC Summer Annual Meeting, Seminar D*. London.
- Willigers, J., & de Bok, M. (2009). Updating and Extending the Disaggregate Choice Models in the Dutch National Model. *European Transport Conference* .