



HAL
open science

Mise en place d'enquêtes par préférences déclarées dans le cadre de projets d'étude relatifs au secteur des transports de personnes

Damien Pons

► **To cite this version:**

Damien Pons. Mise en place d'enquêtes par préférences déclarées dans le cadre de projets d'étude relatifs au secteur des transports de personnes. Economies et finances. Université Lumière - Lyon II, 2011. Français. NNT: . tel-00814651

HAL Id: tel-00814651

<https://theses.hal.science/tel-00814651>

Submitted on 18 Apr 2013

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

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

Mise en place d'enquêtes par préférences déclarées dans le cadre de projets d'étude relatifs au secteur des transports de personnes

Damien Pons¹

Thèse réalisée au sein du Laboratoire d'économie des transports, unité mixte de recherche rattaché au Centre National de la Recherche Scientifique (UMR n°5593), à l'Université Lyon 2 et à l'École Nationale des Travaux Publics de l'Etat.

Thèse soutenue par une allocation doctorale de recherche de la région Rhône-Alpes.

Soutenue le 29 Septembre 2011

Obtenu avec la mention « très honorable avec félicitations du jury »

Membres du jury

- Thierry Blayac (U. Montpellier 1, rapporteur)
- Stéphane Saussier (IAE, U. Paris 1, rapporteur)
- Yves Croissant (U. Réunion, directeur de thèse)
- Alain Pirotte (U. Paris 2, suffrageant)
- Martine Séville (U. Lyon 2, suffragante)

¹ Doctorant en Economie des transports, LET (Lyon).
damien.pons@let.ish-lyon.cnrs.fr
dadapons@hotmail.com

À momo, papa et maman

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	8
CHAPITRE 1 : METHODOLOGIE DE MISE EN PRATIQUE DES ENQUETES PREFERENCES DECLAREES	12
A - Introduction aux enquêtes préférences déclarées	12
1 - Pourquoi utiliser une enquête « préférences déclarées » ?	12
2 - Comment construire une enquête préférences déclarées ?	13
3 - Comment analyser les informations issues d'une enquête « préférences déclarées » ?	15
3.1 - <i>L'utilité comme critère de choix</i>	15
3.2 - Mise en pratique du concept d'utilité	16
4 - Comment mettre en place une Enquête Préférences Déclarées ?	18
B - Design d'une enquête préférences déclarées	20
1 - Le choix des attributs	21
2 - Le choix des niveaux d'attributs	24
2.1 - <i>Personnaliser les niveaux d'attributs</i>	25
2.2 - <i>Carte des valeurs frontières – Choisir les bonnes valeurs de niveaux d'attributs</i>	26
2.3 - <i>Tester les niveaux d'attributs lors de focus groups</i>	28
3 - Définir le plan factoriel	31
3.1 - <i>Plan factoriel complet</i>	34
3.2 - <i>Plan factoriel fractionné</i>	37
4 - Construction des trade-off	41
4.1 - <i>Combinaison aléatoire des scénarios</i>	42
4.2 - <i>Croisement des niveaux d'attributs</i>	42
4.3 - <i>Tirage aléatoire contrôlé (mix and match / foldover)</i>	44
4.4 - <i>Génération simultanée (L[^]MN design)</i>	45
5 - Sélection des trade-off	45
5.1 - <i>Supprimer les trade-off insignifiants</i>	45
5.2 - <i>Répartition des trade-off auprès des enquêtés</i>	46
C - Exploitation des données issues d'enquêtes préférences déclarées, les modèles de choix discrets	49
1 - Illustration simplifiée d'un modèle de choix discret	49
1.1 - <i>La population étudiée</i>	50
1.2 - <i>Variables et notations</i>	50
1.3 - <i>Probabilités</i>	51
1.4 - <i>Modèle</i>	51
1.5 - <i>Estimation du modèle</i>	52
1.6 - <i>Applications</i>	53
2 - Généralisation des simulations par choix discrets	54
2.1 - <i>Décomposition de l'utilité</i>	54
2.2 - <i>Choix binaire</i>	55
2.3 - <i>Choix multinomiaux</i>	56
2.4 - <i>Expression de la probabilité</i>	57
2.5 - <i>Estimation des probabilités</i>	58
3 - Les modèles de choix discret	59
3.1 - <i>Le modèle Logit</i>	59
3.2 - <i>Les variantes du modèle Logit</i>	65
4 - Spécification d'un modèle de choix discret	71
4.1 - <i>Intégrer les variables explicatives</i>	72
4.2 - <i>Les tests statistiques comme outil d'aide à la décision</i>	76
5 - Informations issues d'une EPD	79
5.1 - <i>Estimations issues de traitements de données d'EPD</i>	80

CHAPITRE 2 : QUELLES EVOLUTIONS POUR LE TARIF FAMILLES NOMBREUSES ? CALCULS DE SURPLUS SUR LA BASE DE RESULTATS D'UNE ENQUETE PREFERENCES DECLAREES COMME BASE D'EVALUATION DES FUTURS POSSIBLES	86
B - Le tarif Familles Nombreuses - Contexte général	90
1 - Les porteurs de carte Familles Nombreuses, une population méconnue	90
2 - Le décalage du tarif Familles Nombreuses avec ses objectifs originels	90
3 - Le tarif Familles Nombreuses – Un soutien financier de l'Etat qui se raréfie	93
C - L'enquête Familles Nombreuses	95
1 - Objectifs et mise en place de l'enquête Familles Nombreuses	95
2 - L'enquête préférences déclarées - Population Enquêtée	100
3 - L'enquête préférences déclarées - Traitement et estimation des résultats	104
4 - Enquête préférences déclarées - Analyse des résultats	107
D - La carte familles nombreuses : quelles évolutions possibles et acceptables ? Enjeux économiques pour la SNCF et place des porteurs au sein des réformes possibles, une base de réflexion pour l'Etat	112
1 - Evaluation des modifications possibles du tarif Familles Nombreuses - Aide à la réflexion à partir de calculs de variations de surplus financiers pour l'opérateur (Méthodologie)	113
1.1 - Surplus associé à la carte actuelle	115
1.2 - Surplus associé à la carte fictive	115
2 - Evaluation des modifications possibles du tarif Familles Nombreuses - Aide à la réflexion à partir de calculs de variations de surplus financiers pour l'opérateur	118
2.1 - Evolution 1 : Un tarif Familles Nombreuses incluant une contrainte de réservation	119
2.2 - Evolution 2 : Tarif Familles Nombreuses n'intégrant plus les familles de 3 enfants	127
2.3 - Evolution 3 : Un tarif Familles Nombreuses introduisant une condition de période de voyage	132
2.4 - Evolution 4 : Un tarif Familles Nombreuses imposant de voyager avec au moins un enfant	135
E - Conclusion	137
CHAPITRE 3 : QUELLE CONTRIBUTION DU CADENCEMENT A L'ATTRACTIVITE DU TRAIN ? ELEMENTS DE REPONSE SUR LA BASE DE RESULTATS D'UNE ENQUETE PREFERENCES DECLAREES	141
A - Introduction	142
B - Contexte de l'étude – Choix modal et cadencement	144
1 - Les déterminants du choix modal	144
2 - Définition et effets du cadencement	145
C - L'enquête préférences déclarées - Méthodologie	148
1 - Design de l'enquête préférences déclarées	148
1.1 - Prise en compte des déterminants du choix modal	148
1.2 - Prise en compte des composantes du cadencement	149
1.3 - Développement des scénarios d'EPD	151
2 - Mise en œuvre de l'enquête préférences déclarées	158
2.1 - Mise en place et objectifs des focus groupes	158

2.2 - Tests des scénarios d'EPD	159
2.3 - Collecte des données	162
D - Résultats	163
1 - Les données d'EPD	163
1.1 - Un sous échantillon représentatif pour l'EPD	163
1.2 - Un arbitrage réel lors des scénarios d'EPD	164
1.3 - Des données de qualité moindre pour motif de déplacement « études »	164
2 - Estimations des données d'EPD	165
2.1 - Estimations par Logit simple	165
2.2 - Tests d'égalité des coefficients	168
2.3 - Estimations par logit mixte	168
2.4 - Estimation par logit mixte selon plusieurs distributions	174
E - Conclusion	177
1 - L'influence du cadencement	177
2 - Une offre en transports collectifs efficace, condition nécessaire au report modal	179
3 - L'habitude, un frein naturel au report modal	181
CHAPITRE 4 : QUELS COMPORTEMENTS DES AUTOMOBILISTES FACE A UN RATIONNEMENT DU CARBONE ? ELEMENTS DE REPONSE SUR LA BASE DE RESULTATS D'UNE ENQUETE PREFERENCES DECLAREES	183
A - Introduction – Le contexte de l'étude	184
1 - Objectif facteur 4	184
2 - Outils de régulation de la mobilité	186
3 - Un système de permis pour les automobilistes ?	188
4 - Quel niveau d'efficacité d'un système de régulation ?	190
5 - Objectifs de l'étude	192
B - Méthodologie de l'enquête préférences déclarées	193
1 - Représentation au sein de l'EPD des processus d'arbitrage	193
1.1 - Les réactions des automobilistes face à un rationnement du carburant	193
1.2 - Un regroupement des déplacements par catégories de distance	194
1.3 - Ancrer les situations de choix dans la réalité	196
1.4 - Laisser aux enquêtés une échappatoire	198
1.5 - Développer des situations permettant de comparer taxe et droits	198
1.6 - Ne pas mélanger déplacements en avion et en voiture	199
2 - Personnalisation des questionnaires	200
2.1 - Une mise en place en trois temps	200
2.2 - Processus de personnalisation des scénarios	203
2.3 - Design de l'enquête préférences déclarées	209
2.4 - Phase de récolte des données d'EPD	230
3 - Méthodologie d'estimation	234
3.1 - Représentation des probabilités de choix	235
3.2 - Estimation des probabilités de choix	235
C - Caractéristiques de l'échantillon de l'enquête préférences déclarées	237
1 - Qui sont les individus enquêtés lors de l'EPD ?	238
2 - Que se cache-t-il derrière les catégories de distance retenues ?	243
3 - Quelles attitudes vis-à-vis des scénarios d'EPD proposés ?	246
D - Analyse des résultats	248
1 - Les choix des enquêtés	248
2 - Analyse des déplacements supprimés	250
3 - Valorisation des attributs	252

3.1 - Les scénarios de mobilité en voiture	252
3.2 - Les scénarios de mobilité en avion	256
4 - Estimation de la demande et de l'élasticité	257
5 - Taxe Vs système de crédits	262
E - Conclusion	264
CONCLUSION	267
BIBLIOGRAPHIE	275
LISTE DES TABLES	283
ANNEXES	292
Annexe 1 – Vocabulaire propre aux EPD	292
Annexe 1 – Vocabulaire propre aux EPD	293
Annexe 2 – Formule de probabilité de choix d'une alternative - modèle LOGIT	294
Annexe 3 – Application de tests statistiques pour spécifier un modèle de choix discrets	295
Annexe 4 – Questionnaire Familles Nombreuses	300
Annexe 5 – Données chiffrées pour le calcul de surplus financier de la SNCF parmi les personnes interrogées dans l'enquête préférences déclarées.	324
Annexe 6 – Exemple de scénario testé lors des <i>focus</i> groupes	331
Annexe 7 – Valeurs de départ des attributs selon le déplacement considéré - Voiture	332
Annexe 8 – Liste des gares sur les axes ferroviaires étudiés	336
Annexe 9 – Valeurs de départ des attributs selon le déplacement considéré - Train	337
Annexe 10 – Questionnaire d'EPD – cas d'un utilisateur du train entre Toulouse et Albi	338
Annexe 11 – Questionnaire d'EPD – cas d'un utilisateur de la voiture entre Toulouse et Bruguieres	346
Annexe 12 – Questionnaire de pré sélection – Usagers du train	355
Annexe 13 – Questionnaire de pré sélection – Usagers de la voiture	357
Annexe 14 – Estimation par logit simple – segmentation selon le motif de déplacement	360
Annexe 15 – Dispositif de mise en place de l'EIRD	362
Annexe 16 - Questionnaire de sélection de la population et de reconstitution des déplacements – enquête quantitative – Juin / Juillet 2009.	363
Annexe 17 - Plans factoriels utilisés lors des tests de définition de l'attribut « seuil d'allocation initiale »	371
Annexe 18 - Guide de récolte de données fourni aux enquêteurs	375
Annexe 19 – Classification des communes de domiciliation des enquêtés	385

LISTE DES ABREVIATIONS

CETE	Centre d'Études Techniques de l'Équipement
CF	Carte(s) Fictiv(e)
CFN	Carte(s) Familles Nombreuses
EIRD	Enquête Interactive de Réponses Déclarées
EPD	Enquête Préférences Déclarées
FN	Familles Nombreuses
LET	Laboratoire d'Économie des Transports
MEEDAAT	Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement
PFC	Plan Factoriel Complet
PFF	Plan Factoriel Fractionné
PREDIT	Programme de Recherche Et d'Innovation dans les Transports Terrestres
REAL	projet de Réseau Express de l'Aire métropolitaine de Lyon
SNCF	Société Nationale des Chemins de Fer

Introduction

Les enquêtes préférences déclarées (EPD) reposent sur des mises en situation hypothétiques. Face à une situation de choix construite de toute pièce par l'analyste, chaque répondant doit déclarer le choix qu'il ferait s'il y était confronté en réalité. Chaque situation se présente comme la combinaison de plusieurs paramètres. Face à chacune des diverses situations qui lui sont présentées successivement, l'enquêté va devoir faire le choix de celles lui convenant le mieux. Au fil du questionnaire, ses réponses révéleront l'importance qu'il donne à chaque paramètre et contribueront à une meilleure appréhension de ses préférences et de ses choix.

Si les bienfaits des EPD sont nombreux (cf. *infra*), celles-ci souffrent néanmoins, en France notamment, d'une mauvaise réputation. Elles sont préjugées trop techniques, difficiles à exploiter, et à la véracité discutable puisqu'elles ne reposent que sur des déclarations!

Il s'avère en fait que l'on prête parfois aux EPD des vertus qui ne sont pas leur, au détriment de leur image.

Il est vrai, les résultats issus d'EPD ne peuvent appréhender parfaitement les comportements. Les scénarios soumis aux enquêtés se limitent à mettre en scène une réalité simplifiée, sans représenter avec exhaustivité la complexité du réel. Il convient de ne pas oublier pour autant qu'il ne s'agit que d'une expérimentation dont il faut contrôler au mieux les paramètres afin de faire émerger des informations précises et ciblées ayant vocation à mieux appréhender les préférences des individus et les choix qui en découlent. Comme tout modèle visant à représenter plus simplement une réalité complexe, la capacité de synthèse qu'offrent les EPD constitue à la fois le principal argument de ses détracteurs comme la raison première à son utilisation.

Une fois l'essence même des enquêtes préférences déclarées rappelée, l'intérêt de cette méthodologie d'enquête ne fait plus débat. Le socle théorique sur lequel celles-ci reposent est unanimement reconnu. Les EPD constituent un outil complet de compréhension des comportements, aux possibilités multiples et aux avantages nombreux.

Extrêmement flexibles, les EPD permettent tout d'abord de s'adapter à tout type d'objectif. Les EPD peuvent être mobilisées dans le cadre d'analyses exploratoires, en vue de mieux appréhender voire de quantifier les préférences et les réactions des individus face à toute situation de choix, ou encore afin de réaliser des prospectives en effectuant des prévisions sur le choix des agents.

La flexibilité des EPD offre également la possibilité de représenter toute situation de choix. Que celle-ci ait existée ou pas, qu'elle corresponde ou non à une situation réelle, ...

Les moyens nécessaires à la mise en œuvre d'une EPD sont plus ou moins lourds

selon l'objectif qui lui a été assigné mais restent le plus souvent mobilisables. Les supports nécessaires à la récolte de données peuvent ainsi se composer de longs entretiens dans le cadre d'une utilisation qualitative, de quelques questions intégrées au sein d'un questionnaire quantitatif plus traditionnel, voire d'un questionnaire quantitatif spécialement dédié à l'EPD.

Quel que soit l'objectif de l'analyse, le contexte de l'étude à mener et les moyens à disposition, la mise en œuvre d'une EPD repose sur les mêmes procédés.

Il s'agit dans un premier temps de concevoir le *design* de l'EPD, soit de mettre en œuvre les différentes étapes de constitution du protocole méthodologique de l'enquête pour aboutir aux scénarios soumis aux enquêtés. Ils devront être réalistes, les répondants doivent juger crédibles les scénarios proposés, et à l'origine d'arbitrages, les choix doivent être le fruit d'une réflexion sur la meilleure combinaison de paramètres parmi celles proposées.

Les données issues d'EPD sont ensuite récoltées auprès d'un échantillon représentatif à partir d'enquêtes téléphoniques ou d'entretiens en face à face, par un enquêteur préalablement formé servant d'intermédiaire neutre à la réflexion. L'étape de collecte des données joue un rôle crucial et il est, à ce titre, très risqué de laisser chaque enquêté répondre seul au questionnaire. Cette étape doit être contrôlée au mieux par l'analyste.

Les informations obtenues sont traitées à partir de modèles de choix discrets et sont analysées sur la base de tests d'hypothèses.

Finalement, les résultats d'EPD se composent tout autant de données quantitatives issues d'estimations, que d'informations qualitatives, récoltées tout au long de la réalisation de l'enquête.

La mise en œuvre des EPD comprend donc à la fois une dimension statistique, lors du développement du *design* de l'enquête, une dimension économétrique, lors du traitement puis de l'analyse des résultats et, une dimension psychologique propre à chaque thématique étudiée, lors du *design*, de la construction du questionnaire et du protocole de collecte des données. Chacune d'entre elle joue un rôle fondamental en vue de garantir des résultats de qualité.

Les EPD nécessitent la mise en œuvre d'un protocole complet et complexe pour lequel la connaissance approfondie du sujet d'étude est extrêmement importante en vue de limiter au maximum les biais liés à l'enquête.

Le contrôle et le suivi de l'ensemble des étapes de mise en œuvre d'une EPD sont également des facteurs importants de réussite. Une implication forte des analystes, y compris lors du travail de terrain, pour mieux appréhender les difficultés de mise en situation des scénarios proposés, constitue un facteur clé, *quasi* indispensable, de cohérence entre les étapes de réalisation et d'étude, et contribue à déboucher sur des résultats de qualité.

La démarche inhérente aux EPD impose donc, du fait de sa complexité et de sa particularité, une démarche de réflexion qui nécessite une forte implication. Elle offre ainsi, par nature, une véritable opportunité de traiter en profondeur d'un sujet, ce qui n'est pas toujours pratiqué lors de la réalisation d'enquêtes plus habituelles. Finalement, les EPD constituent un outil complet pour mieux comprendre les

individus et leurs choix, une occasion de mieux s'immerger dans le contexte étudié, une aide précieuse à la décision en amont de projets.

C'est ainsi que nous avons employé les méthodes de préférences déclarées dans le cadre de trois études de cas. Afin de répondre à des problématiques précises, le développement d'EPD a servi de colonne vertébrale à une réflexion plus générale sur chacun des sujets : la tarification sociale, le cadencement de l'offre ferrée interurbaine et le rationnement de la demande de carburant.

La première étude de cas réalisée en 2006-2007, en partenariat avec la SNCF dans le cadre de la thèse de Sandrine DE BORAS (2011), avait pour but de mieux connaître les porteurs de cartes familles nombreuses et d'évaluer dans quelle mesure ceux-ci seraient prêts à accepter une évolution des conditions de transport qui leurs sont offertes. Le tarif Familles Nombreuses, créé en 1921, n'a plus évolué depuis et ne répond aujourd'hui plus aux objectifs qui lui avaient été assignés. Les résultats d'EPD ont permis de répondre à cette question, d'analyser la réticence des porteurs au changement, et de simuler l'effet financier pour la SNCF de différentes évolutions possibles de la carte.

La seconde étude de cas mise en place dans le cadre de cette thèse a été réalisée en 2008 pour le compte de Réseaux Ferrés de France (RFF), et en partenariat avec le CETE de Toulouse. Dans le cadre du soutien de RFF aux politiques de cadencement de l'offre ferrée, l'autorité de régulation ferroviaire Française souhaitait clarifier la perception des différentes composantes du cadencement par les usagers du fer ou de la route, afin de mieux identifier les leviers d'un report modal de la voiture vers le train. Une étude de cas a donc été lancée à Toulouse, dans le cadre du cadencement envisagé des lignes ferroviaires reliant Toulouse à Albi et Toulouse à Montauban. Ce travail a également trouvé un écho en région Rhône-Alpes lors d'une enquête similaire, menée sur la base de notre travail, par Hayet.Z (2008) dans le cadre du projet REAL.

Enfin, pour le compte du PREDIT et en lien avec de nombreux travaux de recherches menés par le Laboratoire d'Economie des Transports de Lyon sur la thématique des permis d'émission négociables, une EPD a été mise en œuvre pour identifier les effets d'un rationnement du carburant sur la mobilité des conducteurs de Lyon et de son agglomération. Il s'agissait par la même de confronter les outils économiques de rationalisation des comportements, taxation et réglementation, pour observer si l'un d'eux s'avérait plus ou moins incitatif.

Chacune de ces enquêtes s'inscrivait comme une analyse exploratoire et ne prétendait pas à quantifier les comportements pour effectuer des projections. Bien que ces analyses soient caractérisées par des objectifs, des contextes et des moyens alloués, différents, la mise en place d'une EPD a toujours permis d'apporter des éléments de réponse précieux et de compléter ainsi les connaissances existantes. Ces EPD ont contribué à la rédaction de rapports, à de nombreuses présentations ainsi qu'à des publications scientifiques effectives ou en cours.

La conception, la mise en œuvre et l'analyse des EPD mises en place pour chacune de ces études ont été réalisées dans le cadre de cette thèse avec un souci permanent de contrôle de chacun des paramètres en vue de garantir la qualité des

résultats obtenus.

Chaque thème a été abordé dans le cadre de projets plus vastes et sur la base de connaissances précises des éléments étudiés.

Lors de la réalisation des EPD, l'accent a tout particulièrement été porté sur la récolte des données ; sur la personnalisation des scénarios, pour retranscrire au mieux lors de l'enquête l'univers auquel chaque personne enquêtée est confrontée dans la réalité ; sur la prise en compte du contexte de l'étude en travaillant de manière collégiale avec des spécialistes de chacune des thématiques.

Finalement, chacune de ces mises en place a contribué à renforcer notre conviction que les EPD constituent un outil complet. Il s'avère d'autant plus précieux lorsque les décisions à prendre sont complexes et engageant à long terme.

C'est le plus souvent le cas lorsqu'on traite des « économies de réseau », au sein desquelles le secteur des transports prend place. Chaque mise en œuvre, qu'elle soit relative à l'investissement et/ou à l'exploitation est techniquement et/ou politiquement de nature difficilement réversible. Cette réalité est d'autant plus prégnante de part les enjeux financiers importants associés aux projets de transports, dans un contexte économique aujourd'hui contraint.

Ce travail contribue finalement, à son échelle, à crédibiliser un peu plus les méthodes de préférences déclarées et invite à repositionner cet outil d'analyse comme pivot de toute réflexion complexe dont le protocole est à réinventer lors de chaque construction, plutôt que tel qu'un procédé connu, livré clé en main, dont l'application suit une logique mécanique.

Chapitre 1 : Méthodologie de mise en pratique des Enquêtes Préférences Déclarées

A - Introduction aux enquêtes préférences déclarées

1 - Pourquoi utiliser une enquête « préférences déclarées » ?

Les enquêtes préférences déclarées (EPD) ont vocation à analyser le comportement des consommateurs lorsque les outils d'enquêtes plus classiques ne sont pas adaptés. Les EPD sont particulièrement intéressantes dans la mesure où elles permettent d'étudier des situations peu connues voire méconnues dans la réalité. Elles sont principalement utilisées en vue de mieux comprendre les préférences et les comportements face à toutes modifications de l'univers de choix auquel les individus sont confrontés (création de nouveaux services, réalisation de nouvelles infrastructures, modification de l'offre en vigueur...).

Quel que soit le domaine d'activité, améliorer la compréhension des préférences et des comportements individuels est un préalable essentiel à la réussite de tout projet commercial ou d'intérêt public. Si la construction d'une nouvelle infrastructure est envisagée, il faut anticiper au mieux ses influences potentielles sur les comportements pour s'assurer du bien fondé de sa réalisation. Ainsi les outils d'analyse du comportement des consommateurs, ou de consommateurs particuliers que sont les usagers des transports, se sont développés au cours de ces dernières années. Parmi ces outils, les EPD sont de plus en plus utilisées grâce à la richesse des enseignements qu'elles fournissent. En France, les EPD, à l'origine plus populaire dans le domaine du marketing, sont aujourd'hui plébiscitées dans le secteur des transports.

Face à la nécessité de comprendre pour mieux agir, les EPD n'apparaissent néanmoins pas comme la seule méthode d'étude à disposition. Bien souvent, l'analyse de comportements observés suffit à fournir les informations nécessaires à la prise de décision. Les comportements pouvant être observés sur la base d'un contexte d'étude identique ou proche. Dans ce dernier cas, à partir d'hypothèses de travail, des informations utiles et suffisantes peuvent être inférées.

En revanche, lorsque les indications essentielles ne sont pas à disposition, un modèle permettant de représenter le(s) choix des consommateurs doit être construit. Les EPD font alors partie des méthodes d'analyses à disposition. Grâce à leur flexibilité elles permettent d'appréhender de nombreuses situations face auxquelles les techniques de préférences révélées restent impuissantes.

L'absence de données révélées conduit souvent à se tourner vers des données de préférences déclarées, néanmoins, ces deux sources d'informations sont complémentaires. Leur utilisation conjointe est nécessaire lorsqu'une EPD est mise en place. En effet, la connaissance du contexte est un pré requis incontournable au *design* du protocole expérimental d'une EPD.

Trois principales raisons poussent à s'intéresser aux préférences déclarées et expliquent l'utilisation croissante qui en est faite :

(a) À partir d'EPD, il est possible d'obtenir des informations sur toute situation hypothétique. Lorsque aucune donnée révélée n'existe, la flexibilité des EPD donne la possibilité à tout analyste, et ce quel que soit le domaine de recherche, de tester des situations fictives et ainsi de mieux comprendre la demande et sa structure.

(b) Lorsque les facteurs (variables explicatives) qui influencent les comportements (variables à expliquer) ne varient pas ou varient très peu dans la réalité, il est complexe d'évaluer leur impact sur les préférences et les pratiques des usagers. Les EPD le permettent.

(c) Lorsque les variables explicatives sont fortement colinéaires, il est difficile de distinguer clairement les effets de chaque variable. Grâce aux EPD, il est possible, en contrôlant le protocole expérimental, de mieux isoler les effets sur les comportements de deux ou plusieurs variables corrélées. Les effets de colinéarité entre les attributs peuvent être réduits permettant ainsi de distinguer plus facilement l'effet de chaque attribut sur les choix des individus interrogés.

Il existe donc de bonnes raisons de faire appel à des EPD.

2 - Comment construire une enquête préférences déclarées ?

Les EPD consistent à confronter les personnes interrogées à des marchés hypothétiques précis, dans lesquels plusieurs alternatives sont mises en concurrence.

A partir d'une EPD, les informations sur les préférences des consommateurs sont obtenues en présentant aux enquêtés une série de situations et en leur demandant celle qui ferait l'objet de leur choix.

L'ensemble du procédé de construction des situations présentées aux enquêtés est dénommé *design*. Il se compose de plusieurs étapes successives qui aboutissent *in fine* au protocole expérimental auquel sont soumis les répondants.

Les divers variables, nommés attributs, qui reconstituent l'univers de choix sont combinés et composent ainsi les situations de choix présentées aux enquêtés. Les attributs choisis par l'analyste peuvent être à la fois quantitatifs ou qualitatifs (prix, quantité, qualité d'un bien donné, ...). Ils varient selon différents niveaux, nommés niveaux d'attributs, pour donner lieu à un arbitrage de la part des enquêtés qui se trouvent ainsi confrontés à des situations différentes, même si elles se composent des mêmes attributs. Au fil des situations, la qualité d'un bien pourrait ainsi être bonne ou mauvaise.

Toutes les combinaisons possibles de tous les niveaux existants constituent l'ensemble des situations fictives, nommées scénarios, qui pourront être testés durant l'enquête. L'ensemble des scénarios est regroupé au sein du plan factoriel.

Les scénarios sont ensuite combinés par paires, triplets... afin de constituer ce qu'on appelle les *trade-off* ou marchés hypothétiques. Ce sont les situations d'arbitrage tel qu'elles sont présentées aux enquêtés. La construction des *trade-off* qui seront présentés aux enquêtés, constitue la dernière phase de *design* de l'EPD.

En choisissant pour chaque *trade-off* parmi les scénarios qui lui sont proposés, chaque personne révèle la situation fictive qui lui procure le plus de satisfaction, d'utilité, exprimant ainsi l'intérêt qu'elle porte aux différents attributs.

A partir des réponses déclarées par les répondants, il est possible, à partir de modèles de choix discrets, de dériver du choix fait les principaux facteurs qui en sont à l'origine. Est ainsi déterminée la part explicative prise par chaque attribut dans le choix final de la personne enquêtée et d'en déduire *in fine* des informations communes à la population toute entière.

Pour illustrer plus clairement le vocabulaire propre à une EPD, prenons l'exemple d'une enquête réalisée par **Selmi (2008)** qui avait pour objectif d'évaluer les facteurs déterminants du choix de stationnement lors de déplacements pendulaires à Sousse (Tunisie).

Pour cette enquête, quatre attributs ont été retenus, chacun représenté par 2, 3 ou 4 niveaux d'attributs :

- le lieu de stationnement (sur voirie, en parking) ;
- le temps de recherche d'une place (moins d'1 min., de 1 à 5 min., plus de 5 min.) ;
- le temps de marche de la voiture au lieu de travail (moins d'1 min., de 1 à 3 min., plus de 3 min.) ;
- le coût du stationnement (0 millime/jour, 200 millimes/jour, 500 millimes/jour, 800 millimes/jour).

A partir de ces attributs, $2 \times 3 \times 3 \times 4 = 72$ scénarios différents peuvent être créés.

Les *trade-off* étaient formés à partir de 2 scénarios. Un exemple de *trade-off* présenté aux enquêtés est illustré Figure 1.

Figure 1 - Un *trade-off* présenté aux enquêtés lors de l'enquête de Selmi (2008)

Attributs	A	B	
Temps de recherche d'1 place	> 5 min	< 1 min	
Temps de marche	< 1 min	> 3 min	
Type de parking	parking	parking	
Prix	200 millimes-h	500 millimes-h	
Choix	A	B	Ni A ni B

Source : Selmi (2008)

Le vocabulaire propre aux EPD est rappelé en Annexe 1.

3 - Comment analyser les informations issues d'une enquête « préférences déclarées » ?

3.1 - L'utilité comme critère de choix

Lors d'une EPD, le critère de décision des individus face aux scénarios combinés au sein d'un *trade-off* repose sur la maximisation de leur satisfaction qui se traduit théoriquement par le concept d'utilité, reconnu, aussi bien, dans le champ de l'économie que dans celui de la psychologie.

Chaque individu est caractérisé **(a)** par les contraintes (économiques, temporelles...) qui limitent son univers de choix et **(b)** par des préférences face aux alternatives qui s'offrent à lui. Les préférences sont fonction de la satisfaction ou utilité que lui procurent les scénarios et plus particulièrement la satisfaction ou l'insatisfaction associée à chaque attribut.

Les individus sont considérés comme rationnels et maximisent, dans chaque situation, leur bien-être sous contraintes (**Bentham, 1776**). Les préférences individuelles sont uniques, fruit de l'association de perceptions, d'un système de valeur, de motivations, d'attitudes. En fonction de ses préférences et de ses contraintes, l'agent économique rationnel ne se satisfera que du meilleur parmi le champ des possibles (**Simon, 1972**). Bien que le concept de rationalité ait largement été critiqué, il semble néanmoins qu'au moment de la décision, les individus suivent une logique de satisfaction optimale, même si cet arbitrage ne se projette parfois qu'à court terme (**Taussig, 1912**).

Les premières formes opérationnelles permettant de mesurer l'utilité ont été fournies par **Dupuit (1844)** et **Frisch (1932)**. Pour Dupuit, l'utilité marginale du passage sur le pont détermine le consentement à payer et la demande pour un niveau de péage donné. C'est bien l'utilité, sous diverses contraintes individuelles, qui sert ici de critère de décision. Frisch formalisa les intuitions de Dupuit, la fonction d'utilité apparaît désormais comme fonction de l'utilité relative d'un bien par rapport à un autre.

Lancaster (1975) et **Rosen (1974)** ont mis en évidence que l'utilité dépendait de la valorisation hédonique des biens. Il est alors devenu possible de disséquer la fonction d'utilité en attributs pouvant être quantitatifs ou qualitatifs. Dans ces deux cas, Lancaster pour les biens divisibles et Rosen pour les biens indivisibles, la probabilité de choix d'une situation, d'un bien... par un individu est fonction de l'utilité. Cette utilité dépend de caractéristiques objectives, les fonctions d'utilité sont alors matérialisées par des fonctions composées.

Le traitement stochastique des préférences (**Turstone, 1927 ; Marschak, 1960**) a donné naissance au modèle d'utilité aléatoire utilisé lors de la mise en application des EPD. L'introduction de l'hypothèse d'indépendance des alternatives non pertinentes (IIA) (**Luce, 1960**) (cf.C - 3.1) facilita le traitement empirique des fonctions de probabilités permettant d'estimer les modèles. **Mc Fadden (1964, 1973)** combina les modèles aléatoires et l'hypothèse d'IIA pour inclure l'hétérogénéité des perceptions individuelles au modèle logit multinomial.

Le développement d'outils informatiques puissants a par ailleurs permis d'estimer des

fonctions auparavant inestimables et contribua ainsi à la mise en pratique du concept d'utilité.

Ces contributions théoriques forment un socle à l'origine des modèles de choix discrets utilisés pour analyser les résultats d'EPD.

3.2 - Mise en pratique du concept d'utilité

Afin d'évoquer les propriétés et le caractère opérationnel des modèles de choix discrets, nous pouvons prendre l'exemple simple d'un individu n devant choisir parmi J modes de transport pour se rendre au cinéma: les transports collectifs (alternative i) ou la voiture (alternative j). J représente l'univers de choix et est en l'occurrence égal à deux puisque deux modes alternatifs sont proposés à l'enquête.

Chacune de ces alternatives est caractérisée par un niveau d'utilité, U_{ni} et U_{nj} , qui dépend à la fois de l'individu (préférences, contraintes) et des caractéristiques du mode (temps de parcours, coût, temps d'attente, niveau de confort...).

Puisque, comme nous l'avons vu, les fonctions d'utilité utilisées dans les modèles de choix discret sont aléatoires, l'utilité se décompose en deux éléments, une partie dite déterministe V_{ni} et une autre dénotée aléatoire ε_{ni} . La partie déterministe comprend tous les éléments pris en compte par le chercheur dans le modèle, ceux ci peuvent être propres à une/des alternative(s) (caractéristiques de l'offre...) ou/et à un/des individu(s) (caractéristiques sociodémographiques...). Lors de l'estimation, l'analyste pourra estimer la contribution explicative de ces variables au niveau d'utilité relatif déclaré par l'individu et révélé par l'EPD. La partie aléatoire de l'utilité, communément nommée terme d'erreur, concentre à la fois les diverses sources de biais dues au processus d'enquête et l'ensemble des caractéristiques, individuelles ou propres à l'alternative, influençant la chaîne de décision n'ayant pas été pris en compte dans le modèle (cf. C - 2.1 ; p.54). Autrement dit, ε regroupe l'effet sur l'utilité de chaque élément exclu du modèle qui intervient, consciemment ou non, dans le processus de choix de l'individu.

Chaque alternative i (j'utilise les transports collectifs pour me rendre au cinéma) et j (j'utilise ma voiture) est donc caractérisée par une fonction d'utilité dont le niveau variera selon les préférences individuelles. Nous considérons dans un premier temps la partie déterministe de l'utilité sans détailler les éléments qui la compose:

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{ni}$$

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj}$$

Puisque n choisit l'alternative lui procurant la plus grande utilité, il choisira les TC si $U_{nj} > U_{ni}$. Nous pouvons en déduire la probabilité que n choisisse i :

$$P(ni | J) = P(U_{ni} > U_{nj}) \forall j \neq i$$

$$P(ni | J) = P(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj}) \forall j \neq i$$

$$P(ni | J) = P(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < V_{ni} - V_{nj}) \forall j \neq i$$

L'analyste ne connaît pas tous les éléments composant l'utilité. En effet, puisque $U_{ni} \neq V_{ni}$, $\varepsilon_{nj} \forall j$ reste inconnu et doit donc être traité de manière aléatoire.

C'est à partir de la densité du vecteur aléatoire notée $f(\varepsilon_n)$, que l'analyste peut évaluer statistiquement le choix des individus. La probabilité que n choisisse les transports collectifs plutôt que la voiture peut donc s'écrire également comme suit :

$$P(ni | J) = P(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < V_{ni} - V_{nj}) \forall j \neq i$$

$$\int I(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < V_{ni} - V_{nj} \forall j \neq i) f_{\varepsilon_n} d\varepsilon_n$$

La fonction I est égale à 1 lorsque les TC sont choisis et égale à 0 dans le cas contraire.

Différents modèles de choix discret sont obtenus selon les hypothèses faites sur la distribution du terme d'erreur. Les principaux modèles sont présentés dans le chap. C - 3 - (p.59).

Lorsque cette fonction de probabilité est estimée, ce sont les éléments qui composent la partie déterministe de l'utilité qui intéressent le chercheur. Dans quelle mesure le coût d'un mode, sa vitesse, son confort influencent la satisfaction et donc le choix d'un individu ?

Imaginons que dans le cadre de notre exemple, chaque mode se caractérise par son niveau de confort et son coût, on peut alors détailler la fonction d'utilité en déclinant V_{ni} et V_{nj} en ces deux éléments.

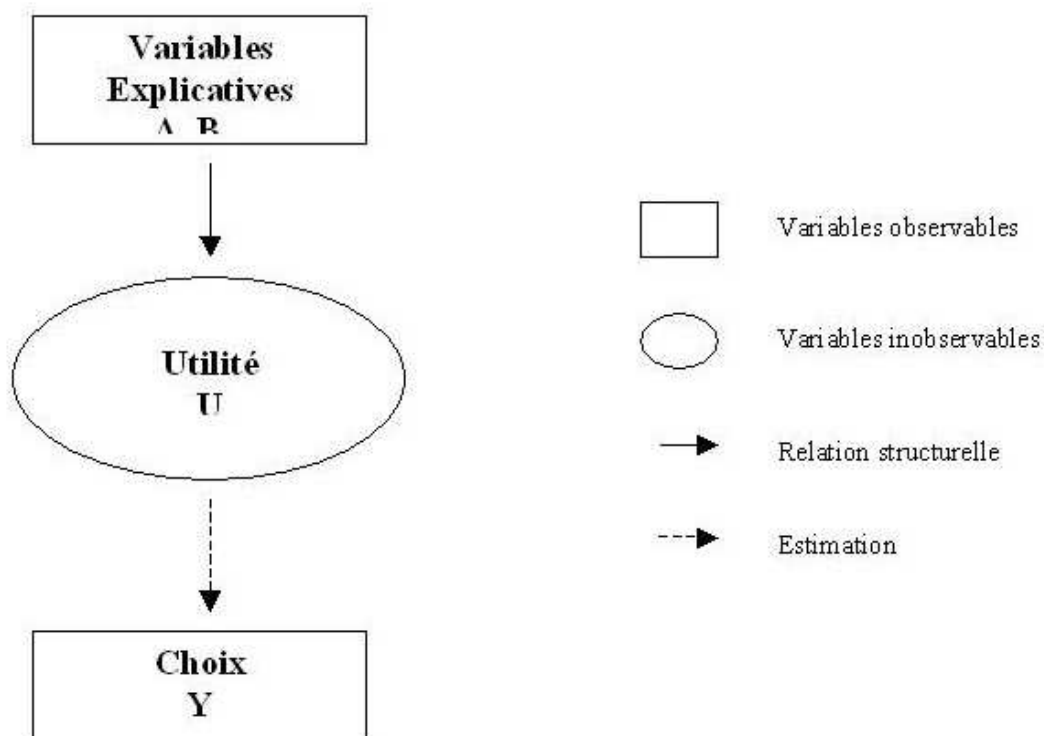
$$U_{ni} = \beta_c.C_i + \beta_p.P_i + \varepsilon_{ni}$$

$$U_{nj} = \beta_c.C_j + \beta_p.P_j + \varepsilon_{nj}$$

C_i , P_i , C_j et P_j sont les niveaux de confort (C) et de prix (P) associés à chaque alternative, ils sont définis par l'analyste. β_c et β_p sont les coefficients associés à chaque attribut. Le signe et la valeur de ces coefficients vont mettre en lumière **(a)** l'influence positive ou négative d'un élément sur l'utilité et **(b)** l'intensité de cette contribution.

Lorsque l'on estime les fonctions de probabilité, les variables explicatives sont connues. Elles correspondent dans le cas de cet exemple au prix et au confort. L'analyste connaît aussi le choix, y_i qui a été fait par chaque individu. La relation associant les variables explicatives à l'utilité est connue puisque l'utilité est linéaire, mais l'utilité reste inobservable. C'est à partir de la fonction de probabilité que l'on dérive des choix faits les informations sur les composantes de la fonction d'utilité.

Figure 2 - Principe d'estimation des modèles de choix discret



Source : Réalisé par l'auteur

4 - Comment mettre en place une Enquête Préférences Déclarées ?

L'ensemble des méthodes de compréhension des comportements, des préférences et des choix fait partie d'une boîte à outils indispensables à tout analyste confronté au challenge de conceptualisation de situations complexes. Au cœur de cette boîte à outils, on retrouve des savoirs propres à la psychologie, aux techniques d'enquêtes, à l'analyse de données, à l'économétrie et à la modélisation.

Les EPD font appel à l'ensemble de ces domaines d'analyse. La construction des questionnaires repose sur une connaissance forte du contexte de l'étude et sur la maîtrise des biais psychologiques liés au passage de questionnaires. Les fondements théoriques des EPD reposent sur le concept économique d'utilité et plus précisément sur celui d'utilité aléatoire originaire du champ de la psychologie (**Thurston, 1927**). Enfin, ce sont les méthodes statistiques et économétriques qui rendent opérationnelles ces bases théoriques par le biais des modèles de choix discret. Finalement, la mise en application d'EPD se trouve à mi-chemin entre des techniques d'enquête classiques aux contraintes essentiellement conceptuelles (création des items, choix de la formulation des questions...) et des techniques économétriques. Dans la littérature scientifique, le dialogue se porte aujourd'hui essentiellement sur les raffinements économétriques permettant de gagner en précision. En pratique, le caractère flexible des EPD donne à l'analyste un rôle primordial et la qualité des estimations produites dépendra *in fine* de ces deux savoir faire combinés.

Comme toute enquête, les EPD doivent donc être mises en place selon des étapes bien précises et selon une méthodologie lourde et rigoureuse. Chronologiquement, une EPD se met en place de la manière suivante :

- (1)** Définir les objectifs de l'étude;
- (2)** Lancer les études préparatoires;
- (3)** Organiser le mode de récolte des données et le questionnaire;
- (4)** Définir l'échantillon;
- (5)** Réaliser des tests ;
- (6)** Collecter les données;
- (7)** Estimer le modèle;
- (8)** Analyser les résultats.

Chacune de ces étapes se décompose en nombreuses actions contribuant toutes à l'obtention de résultats de qualité. Au regard d'autres techniques d'enquête plus largement utilisées, les EPD ne sont pas toujours caractérisées par des étapes qui leur sont spécifiques. Seules les étapes de construction des questionnaires, que l'on nomme plus communément *design* de l'EPD, et de collecte et d'estimation des données sont propres aux EPD. Nous focaliserons donc notre attention sur ces derniers points en présentant en premier lieu le développement du *design* d'une EPD, pour ensuite se concentrer sur les modèles de choix discret qui permettent d'estimer les données d'EPD.

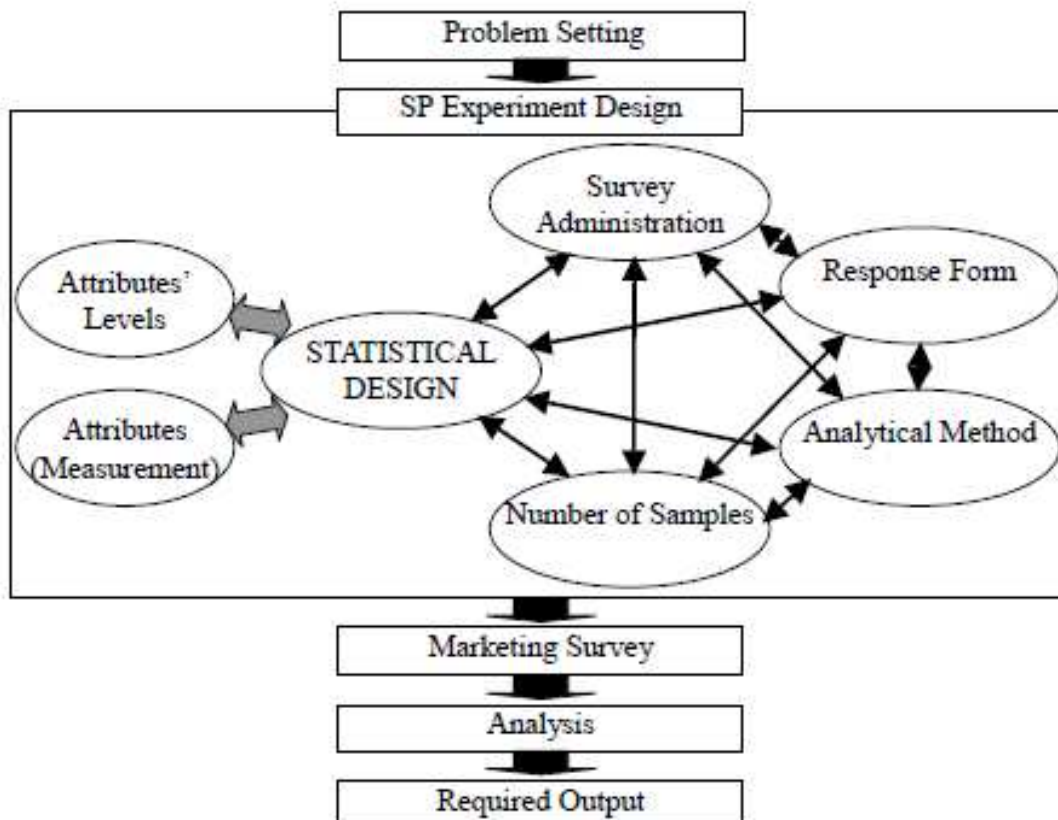
B - Design d'une enquête préférences déclarées

On appelle *design* d'une EPD la phase qui consiste, sur la base des objectifs de l'enquête et du budget à disposition, à construire les questionnaires qui seront présentés aux individus enquêtés.

Le *design* d'une EPD repose dans la pratique sur cinq étapes successives :

- Le choix des attributs, soit les éléments qui constitueront les scénarios ;
- La détermination des niveaux d'attributs, qui sont les différentes valeurs que prendront les attributs ;
- La création des scénarios, c'est-à-dire les situations fictives qui seront associées au sein du questionnaire ;
- La combinaison des scénarios pour constituer les *trade-off* qui représentent les univers de choix au sein desquels les enquêtés devront faire un choix ;
- La répartition des *trade-off* parmi l'échantillon.

Figure 3 - Procédure de mise en place d'EPD



Source : Sanko (2001), p.12.

Le *design* des situations fictives constitue une étape fondamentale puisque les EPD sont en fait des expérimentations contrôlées par l'analyste qui sélectionne et fait varier les variables choisies pour observer leur effet sur les choix des enquêtés.

L'ensemble des attributs qui constituent les scénarios sont sélectionnés par le chercheur et sont les principales variables explicatives qui lui permettent d'apporter des réponses aux questions qu'il se pose et d'expliquer les choix des répondants. La combinaison et la variation des niveaux d'attributs au sein des *trade-off* vont

positionner l'enquêté face à des contextes différents qui donneront lieu à des arbitrages et des choix successifs de sa part. A partir des choix déclarés de l'enquêté, des informations sur les préférences des répondants et sur l'influence des attributs en la matière sont obtenues.

La nature expérimentale de ces enquêtes apporte aux EPD une flexibilité et un niveau de contrôle des éléments étudiés qui explique principalement l'attrait particulier dont cette méthode fait l'objet.

Les méthodes utilisées pour constituer le *design* reposent sur des techniques d'expérimentation issues des statistiques et des sciences expérimentales dont l'analyste doit maîtriser les implications techniques qui influenceront les estimations. Des outils existent pour construire le *design* d'une EPD.

Au-delà de ces techniques, dont font état les travaux de nombreux auteurs, et compte tenu des possibilités *quasi* infinies qu'offrent cette méthode, le *design* d'une EPD nécessite une excellente connaissance du contexte d'étude ainsi qu'une bonne dose d'inventivité afin de créer des situations :

- (a) *réalistes*, un scénario donné doit renvoyer à une situation réalisable dans la réalité.
- (b) *acceptables*, le scénario ne doit pas être systématiquement inadapté aux besoins des personnes enquêtées.
- (c) *efficaces*, tout en restant réalistes, les scénarios doivent mettre en lumière les stratégies d'adaptation qui permettent de révéler les préférences de l'enquêté.

Ces trois conditions sont déterminantes puisque l'enquêté va déclarer ses préférences et ses choix et non les réaliser. Cette différence fondamentale réduit aux yeux de l'enquêté l'importance de ses choix puisqu'il sait de manière plus ou moins consciente qu'il ne prendront pas effets dans la réalité. Tout doit donc être mis en œuvre pour retranscrire un contexte familier qui soit propice au travail de projection du répondant dans le contexte mis en scène par l'analyste.

Ainsi, le *design* d'une EPD est un travail extrêmement sensible qui nécessite la mise en place de tests pour en garantir la pertinence.

Au cours de ce chapitre, nous reprenons les cinq étapes de développement d'un *design* d'EPD afin de présenter la méthodologie à disposition et de détailler les implications et les effets des différents choix pouvant être réalisés sur les résultats qui seront obtenus.

Les étapes de construction du *design* sont présentées chronologiquement.

1 - Le choix des attributs

La sélection des attributs constitutifs des *trade-off* est une étape clef pour un bon *design* d'EPD. Les attributs choisis sont les seuls composants du bien fictif et doivent être représentatifs des caractéristiques intrinsèques de la situation ou du bien que l'on souhaite tester afin de retranscrire de manière pertinente les choix et les

arbitrages que réaliseraient les enquêtés dans la réalité. C'est pourquoi l'étape préalable au choix des attributs est l'étude détaillée du contexte et de la population enquêtée. Cette analyse préliminaire est essentielle et passe par le regroupement du maximum d'informations pertinentes. Bien souvent, cela sous entend le recours à des données sur les comportements révélés de la population sondée face à un contexte proche ou similaire.

Les attributs retenus peuvent être quantitatifs (distance, prix, temps, ...) et/ou qualitatifs (couleur, confort, sentiment de sécurité, ...). Si les attributs sont qualitatifs, ils peuvent être explicités verbalement au sein des scénarios soit par exemple pour le niveau de confort « bon » et « mauvais ».

Il est néanmoins essentiel d'intégrer au moins un attribut quantitatif pour évaluer de manière plus palpable les éléments qualitatifs. C'est généralement le prix qui est intégré aux scénarios pour aboutir par exemple à la valorisation monétaire du confort. Plutôt que d'observer l'impact d'un bon niveau de confort sur l'utilité marginale d'un scénario, nous pouvons ainsi observer la valorisation monétaire d'un bon niveau de confort.

Les attributs choisis peuvent être propres à une alternative, à un groupe d'alternatives ou à toutes les alternatives. Si une EPD s'intéresse au choix du mode de transport pour des déplacements urbains et que les enquêtés doivent choisir parmi « la voiture », « les transports collectifs » ou « le vélo », il est possible de retenir la « fréquence de passage » comme un attribut propre aux transports collectifs, la « disponibilité » comme un attribut propre au vélo et le temps de parcours comme un attribut commun à chacune des alternatives modales présentées dans les scénarios.

Le choix des attributs doit se faire selon quelques conditions nécessaires présentées par **Pearman et al. (1991)** qui font aujourd'hui figure de référence :

- **(a)** Être des déterminants réels du choix et pas seulement des attributs importants. Ils doivent en effet faire partie intégrante du jugement des individus ;
- **(b)** Décrire le produit puisque le jugement doit être fondé sur les attributs les plus importants ;
- **(c)** Être des attributs indépendants ou non redondants, la présence de l'un ne doit pas systématiquement impliquer celle de l'autre afin d'éviter des corrélations trop importantes ;
- **(d)** Être des attributs manipulables par l'agent, sans quoi l'intérêt est limité.

Lors du choix des attributs, il est également nécessaire d'anticiper la manière dont les enquêtés vont construire leur évaluation des scénarios proposés. Les études proches ou similaires ayant déjà été effectuées apportent souvent des informations sur les déterminants du choix et leur hiérarchie. Souvent, la mise en place de tests et/ou de *focus* groupes est nécessaire. Il faut notamment être attentif à la capacité qu'ont les enquêtés à se projeter pour évaluer les scénarios qui leur sont proposés en intégrant et en comprenant bien l'intégralité des attributs.

Tout d'abord, si le nombre d'attributs est trop important, il est difficile pour le répondant de bien prendre en compte l'ensemble des variables qui sont intégrées aux scénarios. Les enquêtés ont alors tendance à porter leur attention sur les attributs auxquels ils prêtent la plus grande importance. Selon **Pearman et al. (1991)**, les attributs ne doivent pas dépasser le nombre de 6 ou 7. Si les enquêtés ne sont pas familiers avec certains d'entre eux, il est sans doute recommandé d'en réduire le nombre au maximum. D'autres études réalisées dans la sphère de la psychologie mettent en évidence qu'à partir de 4 dimensions simultanées, le cerveau humain évince naturellement de son choix les éléments auxquels il accorde le moins d'importance (**Faivre d'Arcier, 2006**). De nombreuses EPD ont été menées avec un nombre d'attributs bien supérieur à 7. Des doutes peuvent néanmoins être émis quant à la pertinence des informations qui en sont issues.

L'arbitrage quant au nombre d'attributs à retenir repose par ailleurs sur une évaluation budgétaire dans la mesure où plus le nombre d'attributs est important, plus de scénarios devront être testés et plus le coût de l'enquête sera élevé.

Ensuite, les enquêtés ne doivent pas accorder une importance disproportionnée à un ou plusieurs attributs au regard des autres attributs décrivant les scénarios. Les arbitrages faits par les enquêtés lorsqu'ils répondraient au questionnaire de préférences déclarées se fonderaient alors sur un nombre réduit d'attributs.

Enfin, tous les attributs doivent être connus et compris des enquêtés pour être correctement pris en compte lorsqu'ils répondent au questionnaire. La description verbale joue dans ces cas un rôle important puisqu'elle doit apporter des informations suffisantes à la compréhension sans pour autant conditionner l'enquêté.

Par ailleurs, le choix des attributs a aussi un impact sur les estimations qui pourront être effectuées. S'il est possible d'ajouter des données révélées au modèle (sexe, âge, distance entre le domicile et l'arrêt de bus, ...), les attributs constituent les principales variables explicatives du modèle qui sera estimé. Les attributs qui influencent le choix réel des enquêtés qui ne sont pas intégrés aux scénarios seront regroupés dans le terme d'erreur de la fonction d'utilité.

Il est possible, afin de réduire le nombre d'attributs et par corollaire la taille du plan factoriel de définir les attributs en terme de différence (**Pearman et al., 1991**).

Il s'agit, plutôt que de définir un même attribut pour deux scénarios différents, par exemple « prix en voiture » et « prix en train », de n'en retenir qu'un qui mette les deux éléments en comparaison, soit par exemple « 5 € de plus en train ».

Cependant, cette astuce repose sur l'hypothèse *a priori* que le ou les attributs considérés sont valorisés identiquement entre les alternatives. En l'occurrence, cela signifierait que le prix est perçu identiquement en train et en voiture.

L'exemple suivant, issu de **Sanko (2001)** met en évidence cette technique qui permet ici de passer d'un *design* intégrant six attributs à un *design* n'en intégrant plus que trois.

Figure 4 – Exemple d’attributs défini par différence

Game	Cost difference	Time difference	Comport difference
1	Car cost +\$0.20	Car time –10mins	Good car – poor train
2	Car cost +\$0.20	Car time –20mins	Good car – good train
3	Car cost +\$0.50	Car time –10mins	Good car – good train
4	Car cost +\$0.50	Car time –20mins	Good car – poor train

If car cost = \$2.00; car time = 50mins, choices would be represented as:

Game	Car			Versus	Train		
	Cost	Time	Comfort		Cost	Time	Comfort
1	\$2.00	50mins	Good		\$2.20	40mins	Poor
2	\$2.00	50mins	Good		\$2.20	30mins	Good
3	\$2.00	50mins	Good		\$2.50	40mins	Good
4	\$2.00	50mins	Good		\$2.50	30mins	Poor

Source : Sanko (2001)

2 - Le choix des niveaux d’attributs

Les niveaux d’attributs sont les différentes valeurs que vont prendre les attributs au sein des scénarios. Si le « temps de parcours » est un attribut intégré aux scénarios, il peut être décliné en **n** niveaux. Si trois niveaux sont retenus, nous pouvons avoir « 5 min », « 10 min », « 15 min ».

Comme pour les attributs, les niveaux peuvent être explicités qualitativement ou quantitativement. Si un attribut de ponctualité des bus a été sélectionné, celui-ci peut-être présenté **(a)** en trois niveaux qualitatifs « arrive à l’heure », « arrive un peu en retard », « arrive très en retard » ou **(b)** en 3 niveaux quantitatifs « 0 min de retard », « entre 0 et 5 minutes de retard », « plus de 5 minutes de retard ».

Les attributs quantitatifs sont souvent préférés dans la mesure où ils laissent moins de place à la subjectivité, l’écart entre "arriver un peu en retard" et "arriver très en retard" pouvant être perçu différemment selon l’individu interrogé. Autant que possible, il est donc recommandé de définir les niveaux d’attributs de la manière la plus concrète possible. Ceci est aussi réalisable pour des attributs qualitatifs si l’on trouve des indicateurs de référence. Plutôt, par exemple, que d’exprimer le confort dans les transports collectifs selon les niveaux « bon », « moyen », « mauvais » ; ils pourront être caractérisés par les éléments suivants : « j’ai toujours une place assise », « une fois sur deux j’ai une place assise », « je n’ai jamais de place assise ».

Cette fois encore, l’arbitrage quant au nombre de niveaux d’attributs à retenir repose sur une évaluation économique dans la mesure où plus le nombre de niveaux d’attributs est important, plus le nombre de scénarios devant être testés sera important et plus le coût de l’enquête sera élevé.

Plus que le nombre de niveaux d’attributs, c’est le choix des niveaux qui est essentiel puisque ce sont eux qui matérialisent les attributs au sein des scénarios et sont à l’origine des arbitrages des enquêtes.

Pour s’assurer d’un bon choix des niveaux d’attributs, trois techniques constituent la boîte à outils à disposition de l’analyste. Tout d’abord, **Pearman et al. (1991)**

proposent trois manières de définir les niveaux d'attributs pour s'assurer au cas par cas que les niveaux retenus soient au plus proche de la réalité de chaque enquêté. Les travaux de **Fowkes (1985)** et **Fowkes et Wardman (1988)** permettent quant à eux, sur la base de valeurs de références à disposition, de trouver les niveaux d'attributs à l'origine d'arbitrages, c'est ce qu'on appellerait en français la carte des valeurs frontières de l'anglais *boundary value map*. Enfin, **Kocur et al. (1982)** proposent une méthode de test de questionnaires d'EPD pour s'assurer que les niveaux ont bien été définis.

2.1 - Personnaliser les niveaux d'attributs

Les niveaux d'attributs doivent contribuer à rendre les scénarios d'EPD réalistes et doivent donc être le reflet de ce à quoi sont confrontés les enquêtés dans la réalité. Or, il s'avère que tous les enquêtés ne sont pas confrontés à la même réalité. Sur une aire urbaine par exemple, le temps de parcours entre le domicile et le travail peut fortement varier d'un individu à un autre.

Il est donc primordial de personnaliser au mieux les scénarios d'EPD, trois manières de définir les niveaux d'attributs existent pour obtenir au cas par cas des valeurs les plus proches possibles de la situation particulière de l'enquêté (**Pearman et al., 1991**). Les niveaux d'attributs peuvent être déterminés sous forme de niveaux absolus, de variations absolues ou de variations proportionnelles comme l'illustre le Tableau 1.

Tableau 1 – Formes possibles des niveaux d'attributs

	Prix	Temps de parcours	Fréquence
Niveau de départ	1,5	10 min	toutes les 20 min
Attributs sous forme de niveaux absolus			
Niveau 1	1,2	20 min	toutes les 15 min
Niveau 2	1,9	5 min	toutes les 25 min
Attributs sous forme de variations absolues			
Niveau 1	+0,5	+5 min	+3 min
Niveau 2	-0,3	-5 min	-5 min
Attributs sous forme de variations proportionnelles			
Niveau 1	+20 %	+50 %	+50 %
Niveau 2	-15 %	-25 %	-80 %

Source : Réalisé par l'auteur

Dans le cas où sont utilisés des attributs sous forme de variation, il faut connaître les valeurs de référence pour chaque enquêté ce qui nécessite souvent la mise en place d'une enquête préalable.

2.2 - Carte des valeurs frontières – Choisir les bonnes valeurs de niveaux d'attributs

S'il est possible de personnaliser les scénarios d'EPD sur la base de données révélées pour chaque enquêté, cela n'apporte pas d'information sur la magnitude à retenir pour les variations des niveaux d'attributs. Si l'on sait qu'un individu enquêté met 20 minutes pour se rendre sur son lieu de travail, sera-t-il sensible à un écart de 5 minutes, soit de 25% par rapport à sa valeur de référence ? Apporter une réponse à cette question est d'autant plus délicat que chaque individu valorise le temps différemment. Cette question se pose pour l'ensemble des attributs.

Les niveaux d'attributs choisis pour un attribut donné doivent quoi qu'il en soit être suffisamment proches pour susciter un arbitrage et éviter de donner lieu à des choix toujours identiques face à un niveau d'attribut donné (**Fowkes, 1998**). Si le temps de parcours admet trois niveaux « 10 min », « 20 min » et « 30 min » et que 30 minutes est un temps de parcours jugé prohibitif, cela donnera lieu à un rejet systématique des situations proposant ce niveau d'attribut.

L'utilisation de variations proportionnelles permet déjà d'adapter la magnitude des variations des niveaux d'attributs au seuil de référence de chaque enquêté mais ne garantit pas que cette même magnitude soit pertinente aux yeux de l'enquêté.

La notion de carte des valeurs frontières développée par **Fowkes (1985)** et **Fowkes et Wardman (1988)** offre une méthodologie permettant d'évaluer la pertinence des niveaux d'attributs retenus sur la base de valeurs de références, nommées valeurs frontières, comme la valeur du temps, l'élasticité ou toute autre dimension attestant de la sensibilité des enquêtés aux valeurs d'un attribut.

Bien souvent dans la pratique, l'analyste réalise simplement des tests, proposant plusieurs *trade-off* à chaque enquêté. Il veille alors à ce que les enquêtés n'aient pas opté pour la même alternative, signe que les niveaux d'attributs n'étaient pas à l'origine d'arbitrages

A partir de cette méthode, et sur la base d'études de référence donnant un intervalle pour les valeurs frontières de référence, il est possible de s'assurer **(a)** que les niveaux d'attributs présentés aux enquêtés varient suffisamment pour inclure toutes les valeurs appartenant à l'intervalle de valeurs frontières et **(b)** que les niveaux d'attributs sont suffisamment proches les uns des autres pour garantir des estimations correctes issues d'arbitrages réels (**Sanko, 2001**).

Si aucune valeur de référence n'est à disposition, il est possible, lors de *focus* groupes, d'en avoir une première idée.

Dans un premier temps, il s'agit de sélectionner des valeurs arbitraires sur la base des connaissances du contexte pour les niveaux d'attributs. Prenons l'exemple d'une EPD avec deux attributs, le « prix » et le « temps de parcours ». Chacun de ces attributs a trois niveaux et la seule information que nous connaissions est que la valeur du temps est comprise entre 9 €/h et 34 €/h soit entre 15 cents/min et 57 cents/min.

Sur cette base, des niveaux arbitraires sont définis. Dans un premier exemple, les niveaux du prix sont de 10€, 12,5€ et 14€, et ceux du temps sont de 20min, 25min

et 30min. Dans un second exemple, les niveaux du prix sont de 10€, 12€ et 14€, et ceux du temps sont de 20min, 27min et 30min.

A partir de ces niveaux d'attributs, sont construits les neuf *trade-off* proposés aux enquêtés. Pour chaque *trade-off* nous calculons les valeurs du temps associées, elles sont présentées dans le Tableau 2 –.

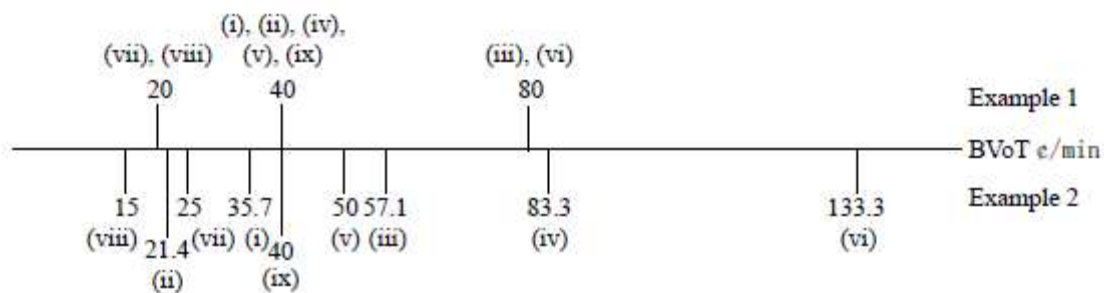
Tableau 2 – Formes possibles des niveaux d'attributs

<i>Trade-off</i>		Variation de prix au sein du <i>trade-off</i>	Variation de temps au sein du <i>trade-off</i>	Valeur du temps au sein du <i>trade-off</i> (variation du prix / variation du temps)
Exemple 1	i	12 - 10	25 - 20	40 cents / min
	ii	14 - 12	25 - 20	40 cents / min
	iii	14 - 10	25 - 20	80 cents / min
	iv	12 - 10	30 - 25	40 cents / min
	v	14 - 12	30 - 25	40 cents / min
	vi	14 - 10	30 - 25	80 cents / min
	vii	12 - 10	30 - 20	20 cents / min
	viii	14 - 12	30 - 20	20 cents / min
	ix	14 - 10	30 - 20	40 cents / min
Exemple 2	i	12,5 - 10	27 - 20	35,7 cents / min
	ii	14 - 12,5	27 - 20	21,4 cents / min
	iii	14 - 10	27 - 20	57,1 cents / min
	iv	12,5 - 10	30 - 27	83,3 cents / min
	v	14 - 12,5	30 - 27	50 cents / min
	vi	14 - 10	30 - 27	133,3 cents / min
	vii	12,5 - 10	30 - 20	25 cents / min
	viii	14 - 12	30 - 20	15 cents / min
	ix	14 - 10	30 - 20	40 cents / min

Source : Réalisé par l'auteur d'après Sanko (2001)

On positionne ensuite ces valeurs sur une carte pour comparer les arbitrages proposés par chaque *trade-off*.

Figure 5 – Formes possibles des niveaux d'attributs



Source : Sanko (2001)

Cette carte permet de mettre en évidence pour quelle valeur du temps les individus enquêtés sont indifférents face aux scénarios proposés.

Si l'on ne s'intéresse qu'à l'exemple 2, pour un individu ayant une valeur du temps de 50 cents/minute, il sera alors indifférent face aux 2 scénarios proposés dans le cadre du *trade-off* (v). Si la valeur du temps est comprise entre 83 cents/minute et 133 cents/minute, tous les répondants vont choisir le scénario au sein du *trade-off* offrant les temps de parcours les plus courts même s'il est le plus coûteux, sauf pour le *trade-off* (vi). Si la valeur du temps des enquêtés est comprise entre 40 cents/minute et 50 cents/minute, les répondants vont choisir le scénario au sein du *trade-off* offrant les temps de parcours les plus courts même s'il est le plus coûteux pour le scénario (ix), (i), (vii), (ii) et (viii) et le scénario au sein du *trade-off* offrant les prix les plus bas même s'il sont les plus longs pour le scénario (v), (iii), (iv) et (vi).

Cette méthode permet de s'assurer que les valeurs frontières sont bien couvertes par les scénarios d'EPD.

Si comme dans le cas de notre exemple, la carte confronte deux définitions possibles des niveaux d'attributs, la carte des valeurs frontières permet de trancher sur celle la plus adaptée. En l'occurrence l'exemple 2 permet de faire émerger plus de situations différentes comprises entre les valeurs frontières de 15 cents et 57 cents par minute.

Cette technique peut aussi être appliquée au cas où les attributs ont trois niveaux en suivant la méthodologie de **Fowkes (1991)**. La carte est alors représentée dans un plan. Au-delà de trois attributs, il n'existe pas d'application de cette méthode. Il est néanmoins possible de traiter les niveaux d'attributs deux à deux.

2.3 - Tester les niveaux d'attributs lors de focus groupes

Il est possible d'évaluer lors de tests des questionnaires, si les niveaux amènent véritablement les personnes interrogées à réaliser un arbitrage. **Kocur et al. (1982)**, vérifient la pertinence de chaque attribut et de chaque niveau d'attribut en demandant aux enquêtés, plutôt que de faire un choix parmi les scénarios du *trade-off*, de positionner leur préférence sur une échelle de mesure.

Pour se faire, il faut proposer le questionnaire en intégrant une échelle de choix plutôt qu'un choix discret pur. La magnitude de l'échelle n'a pas d'importance. Le répondant doit se positionner entre "choisir probablement l'alternative *i*" et "choisir probablement l'alternative *j*". L'exemple suivant montre à quoi peut ressembler ce genre de test pour une enquête réalisée par **Kocur et al. (1982)** et portant sur le choix du mode de transport. Les attributs et alternatives sont décrits sur le questionnaire présenté Figure 6.

Figure 6 – Formes possibles des niveaux d'attributs

DVA Walk/Auto Survey (Initial Draft)

UNDER WHAT SITUATIONS WOULD YOU DRIVE ALONE OR WALK?

Consider a trip short enough so that walking or driving alone are realistic choices, for example one half to two miles. Below are seven factors (listed across the top) describing eight different situations where you are faced with choosing whether to drive alone in an automobile or walk to make this trip. Look at each situation across the entire line and answer in the last column to the right how likely you are to drive alone or walk.

F A C T O R S								ANSWER IN THIS COLUMN	
	GAS AVAILABILITY	GAS PRICE	AVERAGE WAIT TIME AT STATION TO BUY GAS	LENGTH OF TRIP	AMOUNT OF SIDEWALKS ON THE WAY	WALK SIGNALS AT BUSY INTERSECTIONS	SEASON	How likely are you to drive alone in an auto or walk to work	(Circle a number)
								Probably Auto	Probably Walk
1	Ample Supply	\$1.30/gallon	5 minutes	1 mile	All the way	Walk Signals	Winter	1	2 3 4 5
2	Ration of 10 gallons/week	\$2.60/gallon	5 minutes	1 mile	Part way	Walk Signals	Rest of Year	1	2 3 4 5
3	Ration of 10 gallons/week	\$1.30/gallon	20 minutes	1 mile	Part way	None	Winter	1	2 3 4 5
4	Ample Supply	\$2.60/gallon	20 minutes	1 mile	Part way	Walk Signals	Winter	1	2 3 4 5
5	Ration of 10 gallons/week	\$1.30/gallon	20 minutes	1 mile	All the way	Walk Signals	Rest of Year	1	2 3 4 5
6	Ample Supply	\$1.30/gallon	5 minutes	1 mile	Part way	None	Rest of Year	1	2 3 4 5
7	Ample Supply	\$2.60/gallon	20 minutes	1 mile	All the way	None	Rest of Year	1	2 3 4 5
8	Ration of 10 gallons/week	\$2.60/gallon	5 minutes	1 mile	All the way	None	Winter	1	2 3 4 5

Under rationing each registered vehicle gets 10 gallons per week.
 If your car gets $\begin{bmatrix} 10 \\ 20 \\ 30 \end{bmatrix}$ miles per gallon, you can travel $\begin{bmatrix} 100 \\ 200 \\ 300 \end{bmatrix}$ miles per week.

Le principe est de proposer une série de *trade-off* conséquente pour laquelle les valeurs des attributs fluctuent afin d'observer si le passage d'un niveau à un autre pour chaque attribut influence le choix du répondant.

Pour se faire, on compare au score moyen les variations de scores attribués lorsque les niveaux d'attributs varient.

La Figure 6 fournit également les réponses qui ont été données par un individu enquêté. Si l'on souhaite comparer par exemple la pertinence des niveaux d'attributs pour « l'accessibilité à l'essence », nous comparons les scores donnés d'une part pour les situations où l'attribut est fixé à son premier niveau : « offre illimitée », et d'autre part les scores donnés pour les situations où l'attribut est fixé à son second niveau : « offre rationnée ». Sur la base des scores moyens obtenus pour chaque niveau d'attribut, nous observons la différence. Elle représente une approximation de l'effet du changement du niveau de l'attribut sur les préférences et les choix de l'enquêté. Il est ainsi possible de valider si cet attribut est bien pris en considération par l'enquêté lorsqu'il arbitre entre les scénarios du *trade-off*.

Le Tableau 3 – présente les résultats obtenus pour l'attribut « accessibilité à l'essence ».

Tableau 3 – Arbitrages pour l'attribut « accessibilité de l'essence »

Niveaux	Situations	Nb de situations	Scores	Score moyen	Différence
Offre illimitée	1,4,6,7	4	1+3+1+3	2,00	
					1,75
Offre rationnée	2,3,5,8	4	4+3+4+4	3,75	

Source : Réalisé par l'auteur

En réalisant cela pour l'ensemble des attributs, nous obtenons une information sur la pertinence des attributs pris en compte (ont-ils une importance quand au choix ?), et sur la justesse de l'amplitude des niveaux retenus (amènent-ils à des arbitrages réels ?). Si le passage d'un niveau à un autre pour un même attribut ne modifie en rien les réponses des enquêtés alors l'écart entre les niveaux est sans doute trop faible où l'attribut n'est pas significatif.

Ces tests délivrent également des informations sur la hiérarchie des attributs de l'EPD qui peut être confrontée à ce qui est observé dans d'autres EPD similaires. Cela met en évidence si l'ensemble des attributs est cohérent.

Enfin, ce test peut mettre en lumière des réponses illogiques, invitant à redéfinir ou réexaminer l'ensemble ou une partie du *design*.

Pour que les valeurs moyennes soient basées sur un nombre minimum d'observations, le nombre de situations proposées aux répondants doit être d'autant plus important que le nombre d'attributs et de niveaux est conséquent. Ce test doit être réalisé auprès de quelques personnes aux caractéristiques différentes pour ne pas sur représenter un profil type d'enquêté.

Les informations délivrées par ce test sont qualitatives et non généralisables mais

visent à guider l'analyste dans ses choix de construction de l'EPD.

3 - Définir le plan factoriel

La construction du plan factoriel d'une EPD consiste à définir les scénarios qui composeront les *trade-off* soumis aux individus enquêtés.

A partir de mêmes attributs et niveaux d'attributs, selon la manière dont ils sont combinés entre eux, il est possible de construire de nombreux plans factoriels différents. Un plan factoriel peut aller du cas où l'ensemble des *trade-off* issus de toutes les combinaisons possibles d'attributs et de niveaux d'attributs sont testées lors du passage de l'EPD, c'est un plan factoriel complet (PFC), au cas où seules quelques combinaisons d'attributs et de niveaux d'attributs sont testées, c'est alors un plan factoriel fractionné (PFF).

Dans la pratique, la constitution du plan factoriel consiste, dans un 1^{er} temps, à construire la partition de scénarios retenus pour l'EPD, puis, sur cette base, à en extraire les *trade-off* soumis aux enquêtés.

Le choix du plan factoriel a des implications statistiques, budgétaires et comportementales qui vont impacter les résultats obtenus. Lorsque les personnes interrogées font leur choix lors de l'EPD, ils jugent chaque scénario au regard de leurs compositions réciproques.

Ainsi, soumettre une certaine combinaison d'attributs puis une certaine combinaison de scénarios, influence les réponses apportées par les enquêtés. A ce stade, il convient de souligner que les attributs retenus mais aussi la manière dont ils sont associés influencent l'attachement d'un individu à un scénario ou, en d'autres termes, l'utilité qu'il lui associe.

D'un point de vue économique, les scénarios doivent se composer d'attributs dont la combinaison crée un contexte réaliste au regard d'une situation réelle. Les *trade-off* doivent interroger quant à un choix crédible sans qu'une situation ne soit forcément préférée à une autre.

D'un point de vue comportementale, chaque individu ou segment de l'échantillon considérera différemment les *trade-off* au regard de ses préférences et de ses contraintes.

L'influence des *trade-off* sur les résultats de l'enquête se traduit statistiquement par ce qu'on appelle les interactions qui traduisent en fait l'impact des corrélations entre attributs sur les choix donnés au cours de l'EPD.

Les effets principaux sont les impacts directs de chaque attribut sur l'utilité. Cela correspond par exemple à observer dans quelle mesure, toute chose égale par ailleurs, le prix influence l'utilité.

Les effets d'interactions secondaires ou interactions de second ordre correspondent à l'influence d'une combinaison précise de deux attributs sur l'utilité.

Une interaction entre les attributs x_1 et x_2 se caractérise comme suit, au sein des fonctions d'utilité marginale. L'utilité marginale de x_1 dépend également dans ce cas de x_2 .

$$U = \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_{12} \cdot x_1 \cdot x_2$$

$$U_{m1} = \beta_1 + \beta_{12} \cdot x_2$$

La Figure 7, empruntée à **Kocur et al. (1982)** représente, dans le cas du graphique a, une situation pour laquelle aucune interaction n'existe entre le temps de parcours et le prix. L'influence du prix (fare) sur la part de marché des transports collectifs (transit mode share), au sein de l'ensemble des réponses collectées, est identique quel que soit le niveau du temps de parcours (headway).

Ce n'est pas le cas des graphiques **b** et **c**. Dans ces deux cas, l'effet d'une augmentation du prix sur la part de marché des transports collectifs est différent selon le temps de parcours du déplacement. Il existe une interaction de second ordre.

Les effets d'interaction d'ordres supérieurs représentent la manière dont la combinaison de plus de deux attributs influence de manière particulière, toutes choses égales par ailleurs, les perceptions des enquêtés. L'interprétation est alors beaucoup plus délicate pour l'analyste.

La construction du plan factoriel influence donc les résultats obtenus et constitue une étape importante dans le processus de mise en place d'une EPD. Les *trade-off* étant en fait des protocoles expérimentaux qui combinent, au gré des choix des analystes, les attributs et les scénarios entre eux, il est possible de contrôler les effets du *trade-off* retenu sur les résultats au terme de l'EPD.

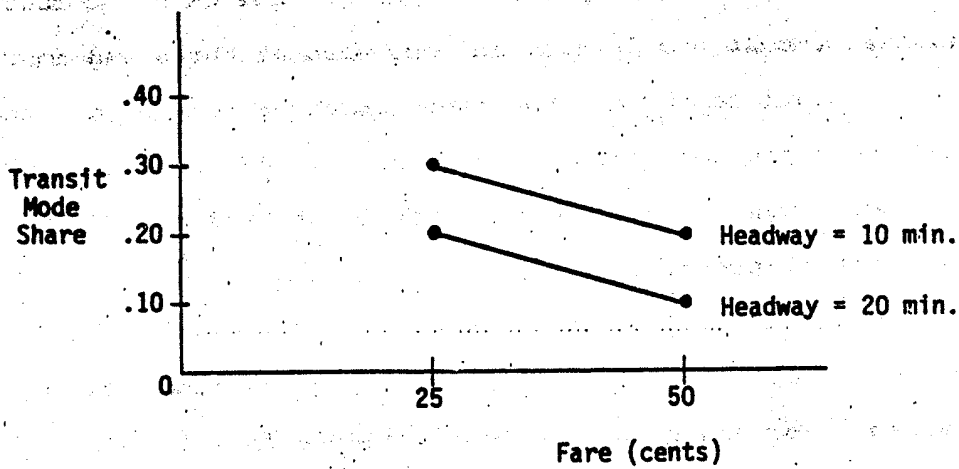
Lorsque c'est le PFC qui est retenu, les estimations qui seront réalisées vont permettre d'observer indépendamment les effets principaux, secondaires et d'ordre supérieurs.

Lorsque c'est un PFF qui est retenu, certains effets seront « confondus ». Les estimations d'un effet principal seront parasitées, du fait d'interactions, par des effets secondaires et/ou d'ordre supérieur. S'il existe par exemple une interaction entre le temps de parcours et le prix, comme c'est le cas dans les deux situations représentées dans la partie inférieure de la Figure 7, les coefficients estimés du prix représenteront en fait l'effet du prix sur l'utilité couplé à l'effet de l'association d'un certain niveau de prix et d'un certain temps de parcours sur l'utilité. L'analyse des résultats est alors plus délicate. Les estimations doivent tenir compte des corrélations.

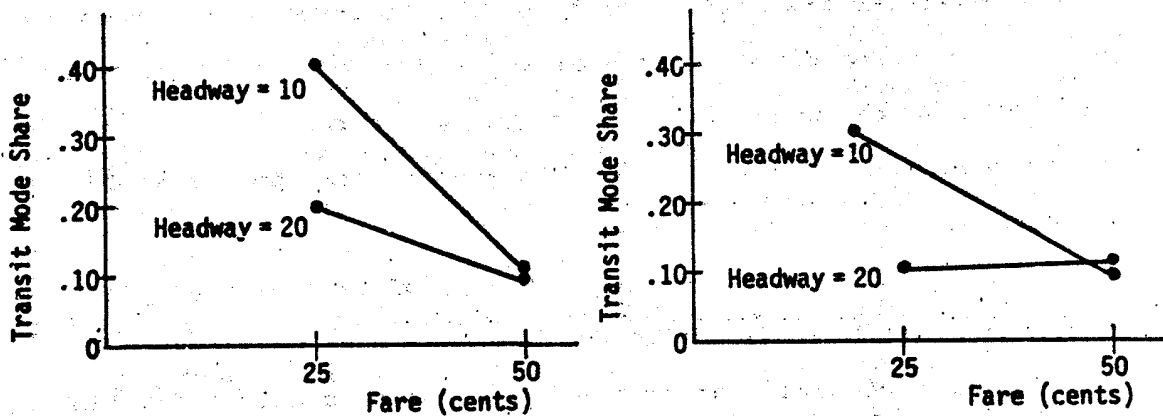
Il est également possible de construire un PFF qui permette d'isoler certains effets particuliers pour éviter des biais liés à certaines corrélations spécifiques. Plus le PFF se rapprochera du PFC et plus les effets des variables explicatives sur l'utilité peuvent être dissociés lors de l'estimation. A l'inverse, un PFF composé du minimum de scénarios aura pour conséquence de « confondre » le plus grand nombre d'interactions.

Le choix des effets à représenter repose essentiellement sur trois éléments : l'objectif de l'étude, son contexte et le budget disponible pour la mettre en place.

Figure 7 – Exemples de relations avec ou sans interactions entre 2 attributs



a. Situation with No Interaction



b., c. Situations with Interactions

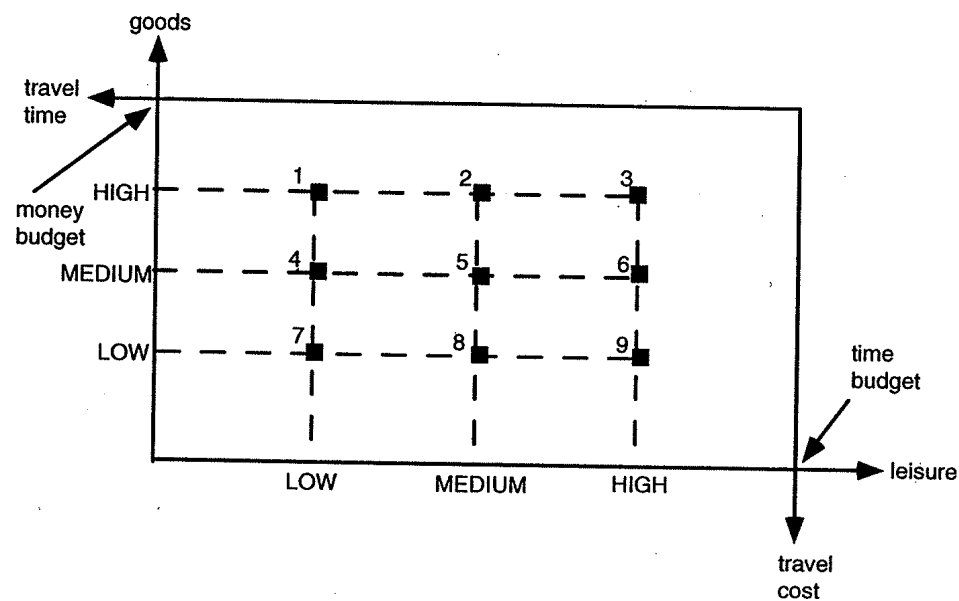
Source :Kocur et al. (1982)

Au-delà des corrélations statistiques en jeu, c'est la dimension budgétaire qui est souvent prise en compte pour arbitrer entre différents plans factoriels. Plus le nombre de situations devant être testées est grand, plus le coût de l'EPD sera prohibitif.

3.1 - Plan factoriel complet

La taille du PFC est fonction des attributs retenus et des niveaux selon lesquels ils sont déclinés puisqu'il s'agit de tester l'ensemble des combinaisons possibles. Pour une EPD comprenant deux attributs à trois niveaux chacun, il existe $3^2 = 9$ scénarios pouvant être créés. C'est ce qui est représenté dans l'exemple suivant issu de **Louvière et al. (2000)**. Deux attributs sont pris en compte : « le temps de parcours » et « le coût du déplacement », chacun de ces attributs variant selon trois niveaux (faible, moyen, élevé).

Figure 8 – Représentation graphique d'un plan factoriel complet d'une EPD de 2 attributs à 3 niveaux



Source : Louvière et al. (2000)

Plus généralement, avec x, y, z , trois attributs et A, B, C le nombre de niveaux d'attributs qui leur sont associés, $A * B * C$ scénarios différents existent.

La notation suivante est utilisée la plupart du temps pour représenter un PFC. Si $n(A)$ correspond au nombre d'attributs à A niveaux, $n(B)$ au nombre d'attributs à B niveaux et $n(C)$ au nombre d'attributs à C niveaux, on note le PFC $A^{n(A)} * B^{n(B)} * C^{n(C)}$. Dans le cas d'une EPD comprenant 3 attributs à 2 niveaux et 1 attribut à 3 niveaux, le PFC est noté $2^3 * 3$ et génère 24 scénarios différents.

Prenons désormais l'exemple d'un plan factoriel développé à partir de trois attributs, « la fréquence », « le temps de parcours » et « le prix ». Chacun de ces attributs varie selon deux niveaux « mauvais », « bon ». Le tableau suivant représente le PFC.

Tableau 4 – Plan factoriel complet d’une EPD de 3 attributs à 2 niveaux

		Attributs		
		Fréquence	Temps de parcours	Prix
Scénarios	1	Mauvaise	Mauvais	Mauvais
	2	Mauvaise	Mauvais	Bon
	3	Mauvaise	Bon	Mauvais
	4	Mauvaise	Bon	Bon
	5	Bonne	Mauvais	Mauvais
	6	Bonne	Mauvais	Bon
	7	Bonne	Bon	Mauvais
	8	Bonne	Bon	Bon

Source : Réalisé par l’auteur

Le même plan factoriel peut être également représenté de manière codée. C’est ce qui est présenté dans le tableau suivant. Les niveaux caractérisés par « mauvais(e) » sont remplacés par la valeur 0 et les niveaux caractérisés par « bon(ne) » sont remplacés par la valeur 1.

Tableau 5 – Plan factoriel complet d’une EPD de 3 attributs à 2 niveaux

		Attributs		
		Fréquence (A1)	Temps de parcours (A2)	Prix (A3)
Scénarios	1	0	0	0
	2	0	0	1
	3	0	1	0
	4	0	1	1
	5	1	0	0
	6	1	0	1
	7	1	1	0
	8	1	1	1

Source : Réalisé par l’auteur

Le principal avantage d’un *design* retenant un PFC est qu’il est orthogonal et évite ainsi toute interaction, au sein du plan expérimental, entre les attributs. La notion d’orthogonalité au sein d’un plan factoriel est déterminante et renvoie aux effets des attributs sur l’utilité présentés précédemment.

Un plan factoriel est dit orthogonal lorsque chaque niveau de chaque attribut apparaît, combiné à tout autre attribut, un nombre égal de fois. Autrement dit, "l’occurrence de n’importe quelle combinaison de deux niveaux apparaît dans les choix avec une fréquence égale au produit de leurs fréquences marginales" (**Lainez, 2002**). Chaque combinaison d’un attribut à 2 niveaux et d’un attribut à 3 niveaux doit se produire dans 1/6^{ème} des cas.

Les attributs sont orthogonaux entre eux dans la mesure où connaître le niveau de A1 ne me donne aucune information sur le niveau de A2 ou de A3. Si je sais que la fréquence est « mauvaise », je n'ai pas plus d'information sur le statut du « temps de parcours » ou du « prix ». Pour une fonction d'utilité avec trois attributs x_1 , x_2 et x_3 , cela signifie qu'il n'y a pas de corrélation dans l'échantillon entre les attributs.

Le principe d'orthogonalité correspond au fait que les attributs présentés aux répondants varient indépendamment les uns des autres.

La propriété d'orthogonalité est recommandée car elle garantit une absence d'interaction entre les variables. Comme nous l'avons évoqué, il est plus difficile d'interpréter les coefficients liés à un attribut lorsqu'ils sont fortement corrélés à un autre attribut. Si le plan factoriel ayant été développé associe toujours à une « mauvaise fréquence » un « mauvais temps de parcours » et/ou une « bonne fréquence » à un « bon temps de parcours » ; alors si l'enquêté choisi lors d'un *trade-off* la situation avec le meilleur « temps de parcours » et la meilleure « fréquence », il est impossible de savoir, du fait de la corrélation au sein du plan factoriel, si ce choix a été pour l'enquêté la conséquence d'une préférence pour une « bonne fréquence », pour un « bon temps de parcours » ou pour les deux combinés.

Néanmoins, le principe d'orthogonalité n'est pas respecté uniquement par les PFC et il n'est pas obligatoire d'atteindre un degré de corrélation nul entre les attributs (**Fowkes, 1998**).

Les PFC comportent aussi des limites.

La principale est budgétaire puisque lorsque le nombre d'attributs et de niveaux d'attributs augmentent, le nombre de scénarios compris au sein du PFC devient rapidement extrêmement élevé, rendant ainsi plus lourde la phase de récolte des données.

Par ailleurs les PFC imposent une analyse détaillée des *trade-off* avant utilisation pour l'EPD puisque de nombreux cas de dominance apparaissent ce qui rend nécessaire un long travail de correction et ce qui peut remettre en question l'orthogonalité du plan factoriel. Les cas de dominance correspondent aux *trade-off* pour lesquels il n'y a pas d'arbitrage puisque le choix est logique. Si on demande à un enquêté de faire un choix entre le scénario 1 du Tableau 11 – et tout autre scénario, tout enquêté devrait rejeter la situation 1.

Enfin, les PFC ne permettent pas de combiner comme on le souhaite deux attributs entre eux. A l'inverse de ce que l'on a évoqué jusqu'à présent, si un analyste souhaite corréler deux attributs au sein des scénarios, il ne peut pas le faire à partir d'un PFC.

Lors de la construction du *design* d'une EPD, il est également possible d'opter pour un PFF. C'est d'ailleurs ce qui est fait dans la majorité des cas d'applications d'EPD.

3.2 - Plan factoriel fractionné

Un PFF est un plan factoriel pour lequel on ne choisit attentivement que certains scénarios parmi l'ensemble du PFC. **Hicks (1964), Box et Hunter (1961), Cox (1965) Hunter (1968)** sont les fondateurs des techniques de développement de PFF. Ces méthodologies sont présentées de manière précise dans **Holland et Cravens (1973)** ou **Louvière et al. (2000)**.

Encore une fois, retenir un PFF plutôt qu'un PFC a pour principale conséquence que certains effets d'attributs sur l'utilité seront difficiles à distinguer. Selon les sous éléments du PFC retenus, ce seront différents effets qui seront aisément identifiables les uns des autres lors des estimations. Il existe donc de nombreux PFF possibles allant de celui où tous les effets de second ordre sont confondus avec les effets principaux à celui où aucun effet principal n'est confondu avec des effets d'ordre supérieur.

Nous pouvons illustrer cela à partir de l'exemple précédent que nous recodons pour mieux calculer les effets d'interactions entre les trois attributs : « la fréquence », « le temps de parcours » et « le prix ».

Le codage 0 est remplacé par un codage – et le codage 1 par un codage +. En codant les niveaux d'attributs + et – plutôt qu'à l'aide de chiffre il est simple de mettre en évidence les effets confondus lorsqu'on opte pour un PFF. Les interactions sont calculées en multipliant les signes pris par les attributs correspondants pour un scénario donné.

Tableau 6 – Plan factoriel complet d'une EPD de 3 attributs à 2 niveaux

		Effets principaux			Interactions de 2 nd ordre			Interaction de 3 ^{ème} ordre
		Fréquence (A1)	Temps de parcours (A2)	Prix (A3)	A1*A2	A1*A3	A2*A3	A1*A2*A3
Scénarios (PFC)	1	-	-	-	+	+	+	-
	2	-	-	+	+	-	-	+
	3	-	+	-	-	+	-	+
	4	-	+	+	-	-	+	-
	5	+	-	-	-	-	+	+
	6	+	-	+	-	+	-	-
	7	+	+	-	+	-	-	-
	8	+	+	+	+	+	+	+
Scénarios (PFF)	1	-	-	-	+	+	+	-
	4	-	+	+	-	-	+	-
	6	+	-	+	-	+	-	-
	7	+	+	-	+	-	-	-

Source : Réalisé par l'auteur

Dans le Tableau 6 – le PFC est comparé au PFF retenant les scénarios 1, 4, 6 et 7 comme sous-ensembles du PFC. Comme on peut le voir, l'effet d'interaction de second ordre entre A2 et A3 est parfaitement colinéaire et donc confondu avec l'effet principal de A1. Au sein du PFF, les scénarios présentés à l'enquête qui comportent une « mauvaise fréquence » comportent toujours un « bon temps de parcours » et un « bon prix » ou un « mauvais temps de parcours » et un « mauvais prix » mais jamais un « bon temps de parcours » et un « mauvais prix » ou un « mauvais temps de parcours » et un « bon prix ». Ainsi, si lorsque la « fréquence » est mauvaise, l'enquête fonde son choix sur un arbitrage entre « temps de parcours » et « prix » du déplacement, alors l'EPD ne révélera pas cette information que l'on nomme interaction, ici entre le « prix » et le « temps de parcours ».

Dans le PFF présenté ici à titre d'exemple, le principe d'orthogonalité est respecté pour les effets principaux mais ne l'est pas pour tous les effets secondaires et d'ordre supérieur.

Reprenons une fonction d'utilité avec trois attributs x_1 , x_2 et x_3 et notons sa fonction d'utilité en y faisant apparaître les interactions de second ordre.

$$U = \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_3 + \beta_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + \beta_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + \beta_{23} \cdot x_2 \cdot x_3$$

Pour estimer ce modèle avec des données issues d'une EPD, il ne faut pas qu'il y ait une corrélation parfaite entre x_1 et x_{23} comme c'est le cas pour le PFF du Tableau 6. La présence d'une corrélation parfaite rend impossible l'estimation de β_{23} . Dans le cas où une corrélation, même forte, existe, l'estimation est possible même si cette corrélation se traduit par une estimation moins efficace.

Lorsque le choix est fait d'utiliser un PFF, le choix des effets à distinguer repose sur les objectifs de l'étude, les connaissances du contexte et le budget disponible.

Hensher (2000) recommande, s'il s'agit grâce à l'EPD de mieux comprendre les choix des usagers, de préférer un PFC pour estimer les effets principaux et les interactions existant entre les attributs. Comme on pouvait le voir à travers l'exemple du lien entre prix et temps de parcours, les interactions de second ordre fournissent des informations importantes pour comprendre les dynamiques de choix et les préférences des individus.

En revanche, s'il s'agit d'avoir une idée des réactions des consommateurs face à un changement de niveau d'un ou plusieurs attributs et de mettre en place des simulations de part de marché, les EPD permettent d'obtenir des résultats précis même si le traitement ne distingue que les effets principaux.

Lorsque le contexte de l'analyse et les relations existantes entre les variables explicatives sont bien maîtrisées, le choix peut être fait de ne distinguer que certaines interactions particulières. En choisissant de ne représenter que certains effets, l'hypothèse est alors faite que les interactions éludées sont négligeables ou pas représentatives.

Un PFC permet de distinguer l'effet de toutes les interactions existantes entre les variables mais il faut alors tester l'ensemble du plan factoriel. Plus les effets d'interactions sont distingués et plus lourde est la phase de récolte des données. La

réalisation d'une enquête à partir du PFC n'est donc possible que dans les cas de problèmes simples comportant peu d'attributs et de niveaux d'attributs.

Dans la pratique, il est rare que le PFC soit testé. Dans de nombreux cas, les effets d'ordres supérieurs à 2 sont négligés. Cependant, un tel choix ne repose pas uniquement sur des considérations budgétaires puisqu'en terme de pertinence, le choix de mettre en oeuvre un *design* réduit n'est pas forcément à contester dans la mesure où les effets d'interaction d'ordres supérieurs à 2 regroupent une faible part de la variance expliquée et sont difficiles à interpréter. Les résultats de **Dawes et Corrigan (1974)** traitent des modèles linéaires et mettent en évidence que :

- **(a)** Les effets principaux représentent 70 à 90% de la variance expliquée ;
- **(b)** Les interactions de deuxième ordre participent de 5 à 15% de la variance expliquée ;
- **(c)** Les interactions d'ordre supérieur contribuent à expliquer la part restante de la variance expliquée.

" Admettre comme hypothèse que les interactions de troisième ordre ou d'ordre supérieur sont négligeables est une pratique quasi universelle mais la prise en compte des interactions de second ordre, est une décision à traiter au cas par cas. " (**Kocur et al., 1982**).

Il y a donc un arbitrage à faire pour décider ou non de s'intéresser aux autres interactions. Même si l'avantage associé aux PFF est fortement attractif puisqu'il peut réduire sensiblement le nombre de scénarios du plan factoriel comme on le voit dans le Figure 9, le choix de réduire le nombre d'options doit se faire en s'interrogeant sur la possibilité de considérer les interactions de second ordre ou d'ordre supérieur comme négligeables.

Selon les arbitrages qui seront faits, le PFF sera positionné parmi la typologie suivante (**Kocur et al., 1982**):

- PFC, il permet l'estimation de tous les effets principaux et de toutes les interactions ;
- PFF de type "plan de résolution V", fait l'hypothèse que les interactions d'ordre 3 et plus sont négligeables mais assure l'estimation des effets principaux et des interactions d'ordre 2. Il existe alors deux variantes, le *design* estimant toutes ces interactions ou un *design* estimant les interactions de premier ordre et certaines interactions de second ordre ;
- PFF de type "plan de résolution IV", n'estime que les effets principaux tout en assurant l'indépendance avec les effets secondaires. Lors de l'estimation, il n'y a pas de confusion entre les effets, même si des interactions de second ordre existent ;

PFF de type "plan de résolution III", n'estime que les effets principaux sans assurer l'indépendance avec les effets secondaires.

Figure 9 – Nombre de scénarios à tester selon qu'on retienne le PFC ou le plus petit PFF

No. of options	No. of attributes	No. of levels	Full factorial	Smallest design
2	4	2	2^8	16 sets
2	4	4	4^8	32 sets
2	8	2	2^{16}	32 sets
2	8	4	4^{16}	64 sets
2	16	2	2^{32}	64 sets
2	16	4	4^{32}	128 sets
4	4	2	2^{16}	32 sets
4	4	4	4^{16}	64 sets
4	8	2	2^{32}	64 sets
4	8	4	4^{32}	128 sets
4	16	2	2^{64}	128 sets
4	16	4	4^{64}	256 sets
8	4	2	2^{32}	64 sets
8	4	4	4^{32}	128 sets
8	8	2	2^{64}	128 sets
8	8	4	4^{64}	256 sets
8	16	2	2^{128}	256 sets
8	16	4	4^{128}	512 sets
16	4	2	2^{64}	128 sets
16	4	4	4^{64}	256 sets
16	8	2	2^{128}	256 sets
16	8	4	4^{128}	512 sets
16	16	2	2^{256}	512 sets
16	16	4	4^{256}	1024 sets

Source : Louvière et al. (2000)

Il est ainsi possible, selon le contexte, de sélectionner les interactions négligeables pour développer un PFF personnalisé. En terme de mise en œuvre, les techniques de personnalisation des PFF sont complexes. La raison principale provient du fait que la technique de notation et d'évaluation des interactions que nous avons présentée dans le cas de notre exemple simple s'avère beaucoup plus complexe lorsque les niveaux d'attributs dépassent le nombre de deux.

Des ouvrages et des logiciels regroupent néanmoins un grand nombre de PFF existants. La référence en la matière est **Kocur et al (1982)** dont les nombreux PFF présentés en annexe sont directement issus de **Hahn et Shapiro (1966)** et suffisent généralement à obtenir le détail du PFF souhaité.

Il est aussi possible de recourir à des logiciels spécialisés qui permettent de personnaliser le *design* (SAS, Limdep, ...).

Enfin, pour ceux qui souhaitent développer eux même leur PFF, les travaux de **NIST / SEMATECH (2003)**, de **Louvière et al. (2000)** et de **Fowkes (1998)** fournissent de nombreux détails en la matière.

4 - Construction des trade-off

Divers combinaisons de l'ensemble des scénarios présents dans le plan factoriel retenu peuvent être construites pour former les *trade-off* qui seront présentés aux répondants.

Les *trade-off* peuvent combiner deux scénarios, on parle de choix binomial, ou plus, on parle de choix multinomial.

Comme lors de la construction du plan factoriel, le montage des *trade-off* a des implications statistiques. Le choix des *trade-off* conditionne également le réalisme des situations de choix qui seront proposées aux enquêtés (**Hensher, 2000**).

Comme précédemment évoqué, la construction d'un plan factoriel respectant le principe d'orthogonalité contribue à la qualité du *design* qui est retenu pour l'EPD. La phase de construction des *trade-off* influence également l'orthogonalité du *design*. Selon les *trade-off* retenus, les choix et les préférences des enquêtés seront conditionnés par la manière dont sont confrontés, au sein de *trade-off*, certains niveaux d'attributs et certaines combinaisons de niveaux d'attributs.

Lors de la construction des *trade-off*, le principe permettant de réduire ou d'éliminer l'orthogonalité consiste, au fil du *design*, à maintenir un écart régulier lorsque l'on compare les niveaux de mêmes attributs au sein de différents scénarios composant un même *trade-off*.

Lors du développement du *design*, il s'agit de respecter au mieux le principe d'orthogonalité. Néanmoins, au regard des travaux qui sont faits dans le cadre d'EPD, la majorité des analystes tolèrent un degré de corrélation entre les attributs (**Fowkes, 1998**).

En terme de réalisme, l'objectif est, encore une fois, de créer des *trade-off* réalistes et à l'origine d'arbitrage. Il est donc nécessaire de supprimer toutes les situations de dominance ainsi que les *trade-off* créant des situations ne pouvant exister dans la réalité.

Afin d'illustrer les diverses méthodes de combinaison de scénarios, nous utiliserons un PFF orthogonal développé sur la base de six attributs à deux niveaux présenté dans la Tableau 7 -. Pour cet exemple, les attributs sont dénotés par des lettres et leurs niveaux par les codes 0 et 1.

Tableau 7 – DFF d'un *design* factoriel d'ordre 2⁶

Scénario s	Attributs					
	A	B	C	D	E	F
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1
3	0	1	0	1	1	1
4	0	1	1	1	0	0
5	1	0	0	1	1	0
6	1	0	1	1	0	1
7	1	1	0	0	0	1
8	1	1	1	0	1	0

Source : Réalisé par l'auteur

4.1 - Combinaison aléatoire des scénarios

La première solution consiste à former aléatoirement les *trade-off* en combinant aléatoirement les scénarios du plan factoriel retenu. Sur la base du plan factoriel retenu à titre d'illustration, on obtiendrait par exemple les *trade-off* présentés Tableau 8 – :

Tableau 8 – Tirage aléatoire des *Trade-off*

Scénarios	Attributs						Scénarios	Attributs					
	A	B	C	D	E	F		A	B	C	D	E	F
3	0	1	0	1	1	1	6	1	0	1	1	0	1
5	1	0	0	1	1	0	2	0	0	1	0	1	1
2	0	0	1	0	1	1	7	1	1	0	0	0	1
7	1	1	0	0	0	1	4	0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	1	1	1
6	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1	0	1	0	5	1	0	0	1	1	0
4	0	1	1	1	0	0	8	1	1	1	0	1	0

Source : Réalisé par l'auteur

En matière d'orthogonalité, la construction des *trade-off* par combinaison aléatoire donne évidemment des résultats variables selon le tirage effectué.

4.2 - Croisement des niveaux d'attributs

La méthode de combinaison des scénarios par croisement, plus couramment dénommée *shifting* a été présentée par **Bunch et al. (1994)** et est simple à mettre en place puisqu'il s'agit d'opposer à chaque scénario du plan factoriel retenu le scénario inverse (Tableau 9 –).

Tableau 9 – Constitution des *Trade-off* par croisement des niveaux d'attributs

Scénario s	Attributs alternative 1						Scénario s	Attributs alternative 2					
	A	B	C	D	E	F		A	B	C	D	E	F
1	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1
2	0	0	1	0	1	1	-	1	1	0	1	0	0
3	0	1	0	1	1	1	-	1	0	1	0	0	0
4	0	1	1	1	0	0	-	1	0	0	0	1	1
5	1	0	0	1	1	0	-	0	1	1	0	0	1
6	1	0	1	1	0	1	-	0	1	0	0	1	0
7	1	1	0	0	0	1	-	0	0	1	1	1	0
8	1	1	1	0	1	0	-	0	0	0	1	0	1

Source : Réalisé par l'auteur

Lorsque le nombre de niveaux d'attributs est supérieur à deux, la marche à suivre pour créer les combinaisons est la suivante (**Chrzan et Orme, 2000**).

Partons du PFF suivant retenu dans le cas où l'EPD s'appuie sur quatre attributs à trois niveaux. Les niveaux d'attributs sont codés 0, 1 et 2.

Tableau 10 – DFF d'un *design* factoriel d'ordre 3⁴

Scénarios	Attributs alternative 1			
	A	B	C	D
1	0	0	0	0
2	0	1	1	2
3	0	2	2	1
4	1	0	1	1
5	1	1	2	0
6	1	2	0	2
7	2	0	2	2
8	2	1	0	1
9	2	2	1	0

Source : Réalisé par l'auteur

1. Dans un premier temps, nous créons deux nouveaux jeux de scénario. Pour le premier, chaque niveau d'attribut est remplacé par le niveau suivant. A la place du 0 vient le 1, à la place de 1 vient 2 et à la place de 2 vient 1. Nous obtenons un nouveau PFF (PFF 2).
2. Dans un second temps, nous répétons la même opération à partir du nouveau PFF pour créer un troisième PFF (PFF 3).

Nous obtenons alors les trois PFF présentés dans le Tableau 11 –.

Tableau 11 – DFF d'un *design* factoriel d'ordre 3⁴

Scénarios	PFF 1				PFF2				PFF3			
	Attributs				Attributs				Attributs			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
1	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2
2	0	1	1	2	1	2	2	3	2	3	3	1
3	0	2	2	1	1	3	3	2	2	1	1	3
4	1	0	1	1	2	1	2	2	3	2	3	3
5	1	1	2	0	2	2	3	1	3	3	1	2
6	1	2	0	2	2	3	1	3	3	1	2	1
7	2	0	2	2	3	1	3	3	1	2	1	1
8	2	1	0	1	3	2	1	2	1	3	2	3
9	2	2	1	0	3	3	2	1	1	1	3	2

Source : Réalisé par l'auteur

Si le choix proposé aux enquêtés comprend deux alternatives, les *trade-off* sont alors construits en opposant aléatoirement, pour chaque scénario, deux des trois PFF. Si le *trade-off* proposé comprend 3 alternatives, les trois PFF sont opposés.

La construction des *trade-off* par croisement présente l'avantage d'être facile à développer et de limiter le nombre de *trade-off* avec domination. En inversant les niveaux d'attributs de toutes les variables de l'EPD, l'orthogonalité entre les attributs au sein de chaque alternative est également maintenue si elle était déjà effective au sein du PFF de départ.

Les *trade-off* construits par croisements ne permettent que d'estimer les effets principaux de manière indépendante. Les effets d'interaction ne peuvent pas être dissociés puisque entre l'alternative 1 et l'alternative 2, les attributs sont parfaitement colinéaires.

4.3 - Tirage aléatoire contrôlé (mix and match / foldover)

La méthode de tirage aléatoire contrôlé des scénarios aussi appelé *mix and match* ou *foldover* a été présentée par **Louvière (1988)**. Voici les étapes à suivre pour créer les *trade-off*.

1. Dans un premier temps, il faut sélectionner le plan factoriel qui sera retenu pour l'EPD.
2. Sur la base de ce plan factoriel, il faut créer un second plan factoriel en modifiant les niveaux d'attributs d'une ou de plusieurs colonnes. L'important est qu'aucun scénario ne soit identique entre le premier et le second plan factoriel.
3. Répéter l'opération autant de fois que d'alternatives sont confrontées dans les *trade-off* en veillant à ce qu'aucun scénario ne soit identique entre les plans factoriels.
4. Mélanger les scénarios au sein de chaque plan factoriel
5. Tirer au hasard un scénario par plan factoriel pour créer les *trade-off*. Répéter l'opération avec les scénarios restant jusqu'à épuisement.

Si des attributs sont propres à certaines alternatives, il faut les ajouter entre les étapes 3 et 4 aux plans factoriels concernés par cet attribut.

Cette méthode permet d'estimer les effets principaux et permet également de dissocier les effets d'interactions s'ils le sont dans le plan factoriel de départ. Cette technique peut s'appliquer au cas où certains attributs ne sont propres qu'à une alternative.

4.4 - Génération simultanée (L^{MN} design)

La méthode de génération simultanée ou L^{MN} design a été présentée par **Louvière (1988)**. Les lettres correspondent : L au nombre de niveaux d'attributs, M au nombre d'attributs et N au nombre d'alternatives par *trade-off*.

1. Pour construire les *trade-off* cette méthode requiert la construction d'un plan factoriel à $M \times N$ attributs à L niveaux. Si l'EPD est constituée de quatre attributs et met en concurrence 2 situations par *trade-off*, il faut retenir un plan factoriel pour une EPD composé de six attributs à L niveaux.
2. Les $M \times N$ colonnes du plan factoriel sont ensuite divisées en N blocs de M colonnes par ordre logique. Les quatre premières colonnes formant le premier bloc et ainsi de suite. Chaque ligne de ce plan factoriel correspond à un *trade-off*.

Cette méthode permet d'estimer les effets principaux, de dissocier les effets d'interactions s'ils le sont dans le plan factoriel de départ et de maintenir l'orthogonalité d'un même attribut entre les alternatives ce qui n'était pas le cas des trois méthodologies précédentes.

Cette technique peut s'appliquer au cas où certains attributs ne sont propres qu'à une alternative.

Cependant, le nombre de *trade-off* devant être testé est plus important à partir d'un L^{MN} design.

5 - Sélection des *trade-off*

A partir des diverses techniques présentées précédemment et selon les choix de l'analyste, l'ensemble des *trade-off* ont pu être constitués.

En théorie, toutes ces situations peuvent être testées auprès des enquêtés. En pratique, il s'agit tout d'abord de supprimer les situations de dominance qui ne donnent lieu à aucun arbitrage puis de répartir auprès des enquêtés les situations qui seront testées lors du passage de l'EPD.

5.1 - Supprimer les *trade-off* insignifiants

C'est à partir des arbitrages faits par les personnes enquêtées qu'il est possible d'extrapoler les préférences des choix déclarés lors du passage des questionnaires.

Face à deux scénarios rien ne rend *a priori* une situation préférable à l'autre, ce sont les préférences de chaque individu qui feront pencher la balance en faveur d'un scénario.

Il est néanmoins fréquent qu'il existe au sein du panel de *trade-off* développé pour l'EPD, des situations de dominance comme c'est le cas du *trade-off* suivant qui met en scène le choix du stationnement à Sousse en Tunisie.

Figure 10 – Tirage aléatoire des *Trade-off*

Attributs	Option 1	Option 2
1. Lieu de stationnement	Sur voirie	Sur voirie
2. Temps de recherche d'une place	De 1 à 5 minutes	De 1 à 5 minutes
3. Temps de marche de la voiture au lieu de travail	Plus de 3 minutes	Moins d'1 minute
4. Coût de stationnement	500 millimes/jour	200 millimes/jour

Source : Réalisé par l'auteur

Dans ce cas, le *trade-off* peut-être enlevé du panel de scénarios à tester puisque l'option 2 sera toujours préférée, si l'enquêté est rationnel et concentré, à l'option 1.

Les situations de dominance sont enlevées de l'ensemble des *trade-off* retenus pour l'EPD ce qui réduit par la même le nombre de scénarios de l'EPD.

Une variante de cette méthode existe, elle repose sur le principe de transitivité. Puisque l'hypothèse est faite que les choix sont transitifs, on sait que si un individu n préfère A à B et B à C, alors, il préférera A à C.

Il est donc possible de considérer certains *trade-off* comme inutiles de part leur positionnement au sein d'un enchaînement de *trade-off*.

Parfois, une ou quelques situations de dominance sont laissées lors du passage de l'EPD pour vérifier si les réponses des enquêtés ont été données après une réflexion réelle ou de manière hasardeuse. Le taux de réponses illogiques fournit bien souvent une indication sur la qualité des données produites.

5.2 - Répartition des *trade-off* auprès des enquêtés

Il est difficile, an pratique, de demander aux enquêtés de répondre à un nombre trop important de *trade-off*.

Cela pose tout d'abord la question de la qualité des données qui seraient récoltées puisque au fil des *trade-off*, la concentration des enquêtés s'amenuise et la qualité des réponses se dégrade.

Cela compliquerait ensuite la phase de recrutement des répondants souvent réticents à répondre à un questionnaire si celui-ci est trop long.

Enfin, cela aurait une incidence budgétaire forte puisque afin d'obtenir un échantillon conséquent et compte tenu de la lourdeur des questionnaires d'EPD, un grand nombre d'heures d'enquêtes seraient nécessaires.

En vue de limiter le nombre de *trade-off* proposés à chaque répondant, la première solution consiste à ne retenir de manière aléatoire que certains *trade-off* et à les proposer aux enquêtés. Si l'analyste juge qu'au-delà de cinq *trade-off*, le questionnaire est trop lourd pour le répondant, il n'en proposera que cinq et laissera

l'ensemble des *trade-off* restant à d'autres enquêtes. Il faut alors veiller à ce que chaque *trade-off* ait été finalement testé un nombre identique de fois.

Faire ainsi repose sur l'hypothèse forte d'une certaine homogénéité des individus au sein de l'échantillon.

Cela empêche par ailleurs toute estimation individuelle du modèle, ce qui ne pose pas de réels problèmes dans la mesure où les EPD sont généralement utilisées pour délivrer des tendances générales à partir de l'agrégation de l'ensemble des observations.

Enfin, en procédant ainsi, le principe d'orthogonalité n'est alors plus respecté au sein des blocs de *trade-off* soumis à chaque enquête. On peut néanmoins veiller à ce qu'il le soit pour des groupes d'individus en utilisant une répartition des *trade-off* par blocs.

Le *design* par blocs consiste à diviser le plan factoriel retenu pour l'EPD en plusieurs blocs contenant chacun un nombre limité de *trade-off*. L'ensemble des *trade-off* d'un bloc est soumis à un même enquête. Chaque bloc est soumis à un enquête différent. Si le plan factoriel était divisé en trois, on fait alors l'hypothèse que trois enquêtes ayant chacun répondu aux scénarios d'un bloc différent sont identiques ou au moins fortement homogènes.

Si le plan factoriel comprend par exemple seize *trade-off* et que ceux-ci sont divisés en quatre blocs de quatre, chacun soumis à un enquête différent. Alors, l'hypothèse d'une certaine homogénéité est faite entre les quatre enquêtes qui, lorsqu'on les considère tous ensemble, ont répondu à l'ensemble du plan factoriel. Cette hypothèse est moins forte qu'une homogénéité au sein de l'ensemble de l'échantillon.

Pour que l'hypothèse d'homogénéité prenne corps au cours de l'EPD, les blocs sont divisés auprès d'individus aux préférences *a priori* similaires.

Il est possible, en utilisant une répartition du *design* par blocs selon l'hypothèse d'homogénéité, de reconstituer le PFC et ainsi être à même de réaliser des estimations qui différencient l'ensemble des effets principaux et d'interactions sur l'utilité.

Pour se faire, on divise le PFC en blocs orthogonaux que l'on soumet à divers enquêtes. Si l'on fait l'hypothèse que ces enquêtes sont homogènes, alors soumettre séparément ces blocs équivaut à les avoir tous passé auprès d'une seule personne.

Le tableau suivant donne l'exemple d'un *design* d'EPD divisé en deux blocs tous deux orthogonaux.

Tableau 12 – Division d'un *design* en deux blocs

Game	Alternative A		Alternative B		Block
	Att. 1	Att. 2	Att. 1	Att. 2	
1	0	0	0	0	A
2	0	0	0	1	A
3	0	0	1	0	B
4	0	0	1	1	B
5	0	1	0	0	B
6	0	1	0	1	B
7	0	1	1	0	A
8	0	1	1	1	A
9	1	0	0	0	B
10	1	0	0	1	B
11	1	0	1	0	A
12	1	0	1	1	A
13	1	1	0	0	A
14	1	1	0	1	A
15	1	1	1	0	B
16	1	1	1	1	B

Source : Réalisé par l'auteur

Nous avons évoqué au cours de ce chapitre les implications statistiques et contextuelles associées au *design* d'une EPD. Celles-ci doivent rester présentes à l'esprit de celui qui développe une EPD puisque chaque étape de développement du *design* a des répercussions sur la suite du déroulement et de la mise en place de l'enquête.

Sur la base de ces implications, des méthodes de construction du *design* d'une EPD existent. Les travaux menés depuis trente ans en matière de *design* font émerger des stratégies reconnues qui font désormais partie d'un savoir commun pouvant être recommandé lors de la construction de tout *design* d'une enquête préférences déclarées. Les méthodes présentées dans ce chapitre en font partie.

L'analyste bénéficie néanmoins d'une grande liberté tant les EPD sont adaptatives et peuvent se moduler aux objectifs et au contexte de l'étude. Si deux analystes développent le *design* d'une même enquête, ils aboutiront à des protocoles différents.

C - Exploitation des données issues d'enquêtes préférences déclarées, les modèles de choix discrets

Une fois les données d'EPD récoltées, c'est à partir d'un modèle de choix discret que les résultats peuvent être estimés. Pour que l'utilisation d'un modèle de choix discret soit pertinente, il faut que l'EPD ait été construite dans le respect de 3 conditions (**Train, 2000**) :

- (a) Les alternatives doivent être réciproquement exclusives. Choisir une alternative implique ne pas en choisir une autre. Cette condition est peu restrictive et peut être remplie aisément grâce à une construction rigoureuse des *trade-off*. Si, par exemple, il est possible parmi les alternatives A_1 et A_2 de choisir les deux, les items de sélection doivent être modifiés sous la forme " A_1 ", " A_2 ", " A_1 et A_2 ".
- (b) Le panel de choix doit être le plus exhaustif possible. Les alternatives les plus probables doivent être incluses.
- (c) Le nombre d'alternatives doit être fini.

Dans un premier temps, c'est par le biais d'un exemple simple traitant du choix de la carte d'abonnement en transports collectifs, que nous illustrons l'utilisation faite des modèles de choix discrets pour traiter les informations issues d'EPD.

Nous traitons ensuite des applications plus générales des modèles de choix discret en détaillant tour à tour les modèles logit binaire, logit multinomial, logit mixte et logit emboîté (ou *nested* logit).

Enfin, dans un troisième temps, nous présentons l'étape de spécification d'un modèle de choix discret.

1 - Illustration simplifiée d'un modèle de choix discret

Cet exemple est inspiré du manuel de statistique **Wannacutt et Wannacutt (1998)**, de **Train (2002)** et du cours d'analyse des modèles de choix discrets délivré par l'EPFL de Lausanne (Suisse).

Etudions ici une situation de choix de carte d'abonnement en transports collectifs en se positionnant dans un cas simplifié, stéréotype des comportements et choix effectifs.

Deux cartes d'abonnements sont proposées aux usagers abonnés. La première est une carte format papier (CP) pouvant être achetée dans n'importe quel point de vente officiel, la seconde est une carte magnétique (CM) pouvant être rechargée dans les points de vente officiels mais également par téléphone ou *via* internet. Le prix de la seconde carte est plus élevé.

Nous cherchons à connaître le taux de pénétration des cartes magnétiques dans la population d'usagers mais aussi comment évoluera ce taux de pénétration dans le futur. En partant du principe que le choix effectué par les usagers dépendra de caractéristiques personnelles, l'hypothèse est faite que l'ancienneté de l'abonné est une variable explicative importante.

1.1 - La population étudiée

A partir d'un échantillon de 600 abonnés des TC sélectionnés aléatoirement, nous estimons et inférons les paramètres de la population toute entière. A chaque usager est soumis le questionnaire suivant.

Figure 11 – Le questionnaire

Avez vous une carte d'abonnement magnétique?
oui
non
Depuis combien d'années êtes-vous abonné?
moins d'1 an
entre 1 et 3 ans
plus de 3 ans

Source : Réalisé par l'auteur

Les résultats obtenus peuvent être résumés dans une table de contingence (Tableau 13 –).

Tableau 13 – Résultats de l'enquête

	Ancienneté			<i>total</i>
	- de 1 an (k=1)	de 1 à 3 ans (k=2)	+ de 3 ans (k=3)	
Carte magnétique (i=1)	10	100	90	<i>200</i>
Carte papier (i=2)	140	200	60	<i>400</i>
<i>total</i>	<i>150</i>	<i>300</i>	<i>150</i>	<i>600</i>

Source : Réalisé par l'auteur

1.2 - Variables et notations

Il y a deux types de variables dans notre modèle.

Tout d'abord les variables dépendantes qui sont les variables à expliquer, en l'occurrence le choix de la carte d'abonnement. Comme mentionné dans le tableau de contingence, elles sont dénotées i . $i = 1$ lorsque la carte magnétique est choisie et $i = 2$ lorsque la carte papier est choisie. Nous cherchons à expliquer le choix discret d'une carte d'abonnement, parmi les deux cartes proposées.

Le second type de variables, les variables indépendantes ou variables explicatives, vont permettre d'expliquer les choix faits. Dans notre exemple, il y en a une, l'ancienneté de l'utilisateur, notée k . $k = 1$ lorsque l'utilisateur est abonné depuis moins d'un an, $k = 2$ lorsque l'utilisateur est abonné depuis 1 à 3 ans, $k = 3$ lorsque l'utilisateur est

abonné depuis plus de 3 ans. Chaque case particulière de la table de contingence est caractérisée par un couple (i, k) .

1.3 - Probabilités

A partir des données récoltées et présentées précédemment, nous pouvons construire un modèle permettant de représenter le comportement des usagers et d'en prédire les évolutions futures.

Les résultats obtenus lors de l'enquête nous délivrent quelques informations intéressantes. Nous détenons tout d'abord la fréquence d'usagers possédant une carte magnétique, $p(i=1)$, que l'on infère à partir des observations faites au sein de l'échantillon, $\hat{p}(i=1) = 0,333$. Nous avons évoqué ici une probabilité marginale.

Nous connaissons aussi les probabilités jointes, qui correspondent aux fréquences d'occurrence dans l'échantillon des combinaisons (i, k) de nos deux variables aléatoires. $p(i=1, k=2)$ est la fréquence d'abonnés depuis plus d'1 an et moins de 3 ans détenant une carte magnétique. Les résultats obtenus pour l'échantillon peuvent être généralisés à l'ensemble de la population d'abonnés du moment que notre échantillon est représentatif. Nous estimons à partir de l'échantillon les fréquences dans la population, par exemple, $\hat{p}(i=1, k=2) = 100/600 = 0,167$.

Il est possible d'estimer les probabilités marginales en sommant les probabilités jointes. $p(i=1) = \sum_{k=1}^3 p(i=1, k) = 10/600 + 100/600 + 90/600 = 0,333$.

En vue d'expliquer le lien qui existe entre notre variable à expliquer et notre variable explicative, il nous faut mettre en évidence une relation causale, et c'est à partir des probabilités conditionnelles, $p(i|k)$ que cela est possible. Les probabilités conditionnelles sont au coeur des méthodes d'estimation et d'analyse des résultats d'EPD.

$p(i=1|k=1)$ est la probabilité qu'un abonné détienne une carte magnétique sachant qu'il a une ancienneté comprise entre 1 et 3 années. Les probabilités jointes peuvent être exprimées comme le produit de probabilités marginales et de probabilités conditionnelles, $p(i, k) = p(i).p(k|i)$ ou $p(i, k) = p(k).p(i|k)$. Nous avons par exemple $p(i=1, k=2) = p(i=1).p(k=2|i=1)$ ou $p(i=1, k=2) = p(k=2).p(i=1|k=2)$. Dans le cas où i et k sont indépendants, la probabilité jointe est égale au produit des probabilités marginales.

Nous avons déjà calculé les probabilités jointes et marginales, nous pouvons donc en déduire les probabilités conditionnelles en divisant la probabilité jointe par la probabilité marginale de l'événement qui conditionne la probabilité. $p(k|i) = p(i, k)/p(i)$ (pour $i \neq 0$) et $p(i|k) = p(i, k)/p(k)$ (pour $k \neq 0$). Parmi ces probabilités conditionnelles, c'est $p(i|k)$ qui reflète le lien de causalité que nous souhaitons vérifier, soit entre le choix de la carte magnétique et le niveau d'ancienneté de l'abonné.

1.4 - Modèle

Dès lors, une des principales hypothèses que nous faisons est que les probabilités

conditionnelles sont stables dans le temps. La distribution du niveau d'ancienneté dans la population varie au cours du temps, la part de détenteurs de cartes magnétiques varie également puisque ces deux éléments sont corrélés mais $p(i|k)$ est constant dans le temps.

A partir des quelques probabilités évoquées et de nos hypothèses, nous pouvons spécifier notre modèle et estimer ses paramètres inconnus. Dans ce cas, le modèle est simple, et spécifié avec trois paramètres.

$$\begin{aligned} p(i = 1 | k = 1) &= \pi_1 \\ p(i = 1 | k = 2) &= \pi_2 \\ p(i = 1 | k = 3) &= \pi_3 \end{aligned}$$

1.5 - Estimation du modèle

Maintenant que nous avons collecté les données et spécifié notre modèle, il nous reste à faire les estimations en inférant des données de l'enquête les valeurs des paramètres inconnus. Ici l'estimation peut se faire directement à partir des résultats présentés dans la table de contingence. Plus généralement, c'est la technique d'estimation par le maximum de vraisemblance qui est utilisée.

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 10/150 = 0,0667 \\ \pi_2 &= 100/300 = 0,333 \\ \pi_3 &= 90/150 = 0,600 \end{aligned}$$

Les résultats de ces estimations montrent que le taux de pénétration des cartes magnétiques croît avec l'expérience de l'utilisateur. Le niveau de connaissance des cartes proposées, l'intégration des avantages liés à la carte magnétique ainsi que la baisse de la réticence naturelle à une nouvelle technologie évoluent avec l'ancienneté.

Nous souhaitons également évaluer la qualité des paramètres estimés. Est donc calculé l'écart type de nos variables qui sont ici des variables aléatoires binaires (prenant les valeurs 0 ou 1). L'écart type est égal à $\sqrt{\sigma^2/N}$ avec σ^2 la variance de la variable et N , le nombre d'observations utilisées pour calculer la moyenne. La variance d'une variable de Bernoulli est $\pi(1-\pi)$, où π est la probabilité d'occurrence, soit la probabilité que la variable de Bernoulli soit égale à 1.

Dans le cas de notre exemple peut être calculé l'écart type pour nos trois paramètres estimés, $\hat{s}_k = \sqrt{\hat{\pi}_k(1-\hat{\pi}_k)/N_k}$. L'écart type nous permet de produire des intervalles de confiance auxquels nous pourrions comparer nos estimations. En multipliant par ± 2 l'écart type on obtient approximativement la valeur de référence pour un intervalle de confiance de 95%. Nous pouvons ensuite calculer les valeurs des t de student en divisant les valeurs estimées par leur écart type. Ces valeurs sont comparées à celles de la table de student pour un seuil de confiance de 95% (1,96). Nous obtenons les résultats présentés ci-après.

Tableau 14 – Résultats des estimations

Paramètres	coefficients	Ecart type	t de student
π_{-1}	0,0667	0,0204	3,3
π_{-2}	0,333	0,027	12,2
π_{-3}	0,600	0,040	15,0

Source : Réalisé par l'auteur

1.6 - Applications

A partir de nos estimations, nous avons tout d'abord pu vérifier qu'il existait un lien entre le choix du type de carte d'abonnement et l'ancienneté de l'abonné. Au delà de cette information, nous souhaitons tester l'impact d'une évolution de la distribution de l'ancienneté sur la demande de cartes magnétiques dans la population d'utilisateurs. Ces estimations peuvent être réalisées en utilisant une des équations suivantes:

$$p(i) = \sum_{k=1}^3 p(i | k) \cdot p(k)$$

$$\hat{p}(i)^F = \sum_{k=1}^3 \hat{\pi}_k \cdot p(k)^F$$

$p(k)^F$ sont ici les valeurs d'entrée de notre modèle issues de l'enquête, $\hat{\pi}_k$ sont les paramètres que nous avons estimés et $\hat{p}(i)^F$ est ici le résultat de notre modélisation.

Que se passerait-il si l'opérateur de transport, fidélisait davantage sa clientèle? La part d'utilisateurs abonnés depuis moins d'un an passant par exemple de 25% à 10%, restant identique pour les utilisateurs abonnés depuis 1 à 3 ans (soit 50%) et passant de 25% à 40% d'utilisateurs abonnés depuis plus de trois ans. Alors la part de marché des cartes magnétiques serait de $0,0667 \cdot 0,10 + 0,333 \cdot 0,50 + 0,600 \cdot 0,40 = 0,413$, soit 41,3%, d'après notre modèle.

Cet exemple stéréotypé n'est pas issu d'une enquête ayant été réalisée. La représentation de la réalité passe bien évidemment par la mise en pratique de modélisations bien plus complexes. Pour autant, un tel exemple couvre l'ensemble des concepts de base nécessaires à l'utilisation de modèles de choix discrets en vue d'estimer les résultats d'EPD. Les modèles et techniques d'analyses présentés ci-après intégreront plus d'alternatives et de variables explicatives. Par corollaire, la complexité algébrique des modèles alors utilisés sera toute autre. Néanmoins, la logique des modèles de choix discret, les objectifs et procédés fondamentaux qui les régissent restent ceux présentés dans cet exemple.

2 - Généralisation des simulations par choix discrets

2.1 - Décomposition de l'utilité

Pour illustrer la forme de la fonction d'utilité, nous nous appuyons sur une situation de choix parmi deux alternatives, dite binaire.

Chacune des alternatives, notées i et j , est caractérisée par un niveau d'utilité, U_{ni} et U_{nj} , qui dépend à la fois de l'individu (caractéristiques personnelles, préférences, habitudes, culture...) et des caractéristiques, ou attributs, du scénario lui-même.

Puisque les fonctions d'utilité utilisées dans les modèles de choix discret sont aléatoires, l'utilité se décompose en deux éléments, une partie déterministe V_{ni} et une partie aléatoire ε_{ni} . L'utilité des alternatives i et j est donc représentée par les fonctions suivantes:

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{ni}$$

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj}$$

La partie déterministe de l'utilité

Lorsque la fonction de probabilité est estimée, ce sont les éléments qui composent la partie déterministe de l'utilité qui sont connus du chercheur. Elle regroupe l'ensemble des attributs retenus pour construire l'EPD.

V_{ni} et V_{nj} peuvent être composés d'un nombre quelconque d'attributs. Ces attributs peuvent soit être propres à l'alternative, on les regroupe sous la forme d'un vecteur noté z_{ni} , soit être propres à l'individu, on les regroupe sous la forme d'un vecteur noté S_n . Les composantes de z_{ni} et S_n ne sont pas forcément identiques d'une alternative à l'autre.

A titre d'exemple, dans le cas d'une étude sur le choix du mode de transport, le chercheur introduira vraisemblablement dans z_{ni} : le coût associé à chaque mode, leur vitesse, leur niveau de confort, ... et dans S_n : la catégorie socio-professionnelle de l'enquêté, le taux de motorisation de son ménage,...

Le choix des éléments à prendre en compte repose sur le contexte de l'étude, les hypothèses faites par l'analyste et les implications en terme de *design* de l'EPD.

Au delà des éléments à inclure dans z_{ni} et S_n , se pose la question de la forme à retenir pour V . Le plus souvent, elle est linéaire, comme c'est le cas dans l'illustration des équations suivantes avec un vecteur $\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_K]$ de variables à estimer et $X = [x_{in1}, x_{in}, x_{inK}]$ de variables explicatives retenues. Le choix des distributions associées aux variables explicatives dépend des hypothèses faites par le chercheur sur les liens existant entre les attributs et l'utilité, mais aussi des propriétés statistiques de chaque fonction.

$$V_{ni} = \beta_1 x_{in1} + \beta_2 x_{in2} + \dots + \beta_K x_{inK}$$

$$V_{nj} = \beta_1 x_{jn1} + \beta_2 x_{jn2} + \dots + \beta_K x_{jnK}$$

Le terme aléatoire de l'utilité

Le terme aléatoire de l'utilité, ε , reste inconnu du chercheur qui ne connaît que les attributs tels qu'ils sont intégrés pour composer les alternatives. L'utilité des répondants ne peut donc être observée puisque $U_{ni} \neq V_{ni}$. Le terme aléatoire de l'utilité apparaît donc comme la différence entre l'utilité réelle et l'utilité capturée au sein de V_{ni} . Les caractéristiques de ε_{ni} dépendent de la spécification donnée à V_{ni} (chap.4 - ; p.71) et des préférences de chaque individu. Dans ce contexte, ε_{ni} est traité comme un terme aléatoire.

Connaître la fonction de densité des termes d'erreur permettrait alors d'estimer la probabilité de choix d'une alternative. Néanmoins, ni les paramètres (moyenne, variance) ni la distribution de la fonction de densité d' ε_{ni} ne sont observables.

Afin d'estimer les probabilités de choix des alternatives, des hypothèses doivent être formulées sur la distribution. Néanmoins, le terme aléatoire représente simultanément de nombreux facteurs inobservés, il est donc difficile d'établir une hypothèse à propos de sa distribution. C'est finalement par convention que celle-ci est définie en fonction de caractéristiques représentatives de phénomènes aléatoires et des formes mathématiques sur lesquelles elles débouchent. La moyenne et la variance de la distribution de ε_n seront fixées arbitrairement par l'analyste.

La distribution choisie définira *in fine* le modèle de choix discret. Si la distribution est linéaire, ce sera un modèle de probabilité linéaire; si c'est une distribution normale, on obtient un modèle probit; pour une distribution de Gumbel, ce sera un modèle logit. D'autres types de distribution, plus rarement utilisés, existent. Le lecteur peut se référer à **Ben-Akiva et Lerman (1985, p.66-74)** pour l'ensemble des spécifications possibles de la distribution de ε_n .

2.2 - Choix binaire

Le chapitre précédent a permis d'illustrer la mise en application du concept d'utilité aléatoire et le fonctionnement des modèles de choix discret afin d'énoncer succinctement les modèles existants.

A partir d'un cas comprenant toujours 2 alternatives, nous traitons désormais des propriétés importantes des modèles de choix discrets qui en découlent.

L'EPD que nous avons présentée à titre d'illustration introductive soumettait aux enquêtés le choix d'un titre d'accès aux transports collectifs parmi deux cartes d'abonnement. Afin de faire leur choix, chaque individu a confronté les différentes cartes qui lui ont été proposées pour retenir, selon le principe de rationalité, celle lui procurant le plus d'utilité.

Du point de vue de l'analyste, l'utilité est ici considérée comme une variable aléatoire fonction de l'individu i et de l'ensemble des attributs composant les alternatives.

Lorsque l'on généralise cet exemple à tout choix binaire, chaque enquêté doit choisir parmi 2 scénarios, i et j . L'univers de choix, J , est donc égal à 2, et est aussi noté $J = \{i, j\}$. La probabilité de choix de l'alternative i par un individu n peut être notée:

$$P_n(i) = P(U_{ni} > U_{nj}), \forall i, j \in J$$

$$P_n(i) = P(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj}), \forall i, j \in J$$

$$P_n(i) = P(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} \leq V_{ni} - V_{nj}) = P(\varepsilon' \leq V_{ni} - V_{nj}), \quad \text{avec } \varepsilon' = \varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni}$$

La probabilité de choix de l'alternative j peut quant à elle être notée :

$$P_n(j) = 1 - P_n(i)$$

Le niveau d'utilité en tant que tel n'a pas de sens. C'est bien l'utilité relative, représentée par le biais de la différence d'utilité entre les alternatives, qui compte.

Si l'on ajoutait une constante identique à chaque fonction d'utilité, la différence d'utilité resterait inchangée (cf. Figure 12). C'est l'une des propriétés des modèles de choix discret.

Il est ainsi possible de fixer la moyenne de ε' en l'incluant à la partie déterministe de la fonction d'utilité. En ajoutant une constante à l'ensemble des alternatives sauf une, la moyenne de ε' peut être considérée comme nulle.

Figure 12 - Ajouter une constante à l'utilité ne change pas la probabilité de choix

$$P_n(i | J) = P(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj}) = P(V_{ni} + \varepsilon_{ni} + \alpha > V_{nj} + \varepsilon_{nj} + \alpha), \forall \alpha \in \mathfrak{R}^n$$

De la même manière, multiplier chaque fonction d'utilité par une constante positive ne modifie pas la probabilité de choix d'une alternative (cf. Figure 13).

Ainsi, imposer une variance arbitraire à ε' revient à imposer une échelle arbitraire à l'utilité.

Figure 13 - Multiplier l'utilité par une constante positive ne change pas la probabilité de choix

$$P(i | J) = P(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj}) = P(\alpha V_{ni} + \alpha \varepsilon_{ni} > \alpha V_{nj} + \alpha \varepsilon_{nj}), \forall \alpha > 0$$

2.3 - Choix multinomiaux

Au delà du cas particulier où l'univers de choix J est composé de 2 alternatives, il est possible de mettre en place des EPD proposant aux personnes enquêtées un nombre quelconque d'alternatives, $J = n$.

La logique est la même que celle exposée précédemment avec un plus grand nombre de conditions pour exprimer la probabilité de choix d'une alternative parmi J . Chaque individu ne considère plus deux fonctions d'utilité pour faire son choix, mais un vecteur composé de J_n fonctions d'utilité. Chaque fonction d'utilité peut être

exprimée, comme précédemment, comme la somme d'une composante déterministe et en d'une composante aléatoire.

Lorsqu'il est demandé à l'enquêté de choisir parmi un univers de choix, $J = 3$, composé des alternatives i, j et k (aussi noté $J = \{i, j, k\}$), la probabilité de choix de l'alternative i par un individu n est notée:

$$P_n(i) = P(U_{ni} > U_{nj} \text{ et } U_{ni} > U_{nk}), \forall i, j, k \in J$$

$$P_n(i) = P(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj} \text{ et } V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nk} + \varepsilon_{nk}), \forall i, j, k \in J$$

$$P_n(i) = P(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} \leq V_{ni} - V_{nj} \text{ et } \varepsilon_{nk} - \varepsilon_{ni} \leq V_{ni} - V_{nk})$$

La probabilité de choix de chacune des alternatives peut ainsi être déclinée.

Si aucune différence n'existe quant à l'expression de la partie déterministe de l'utilité, la spécification de la variance du terme d'erreur est cette fois modifiée. Le nombre d'alternatives étant supérieur à 2, la variance est représentée par une matrice de variance / covariance Σ de dimension $J * J$.

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22}^2 & \dots & \sigma_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \dots & \sigma_{nn}^2 \end{pmatrix}$$

Comme pour un modèle binaire, les hypothèses faites sur la distribution jointe des termes aléatoires déboucheront sur des modèles différents.

L'écriture de la probabilité de choix d'une alternative s'écrit également selon ce même principe pour toute situation de choix ou $J > 3$.

2.4 - Expression de la probabilité

Comme nous l'avons vu, c'est la fonction de densité de ε_n qui va permettre d'explicitier la fonction de probabilité de choix d'une alternative. Il est notamment possible de présenter la probabilité en partant du principe que l'espérance mathématique d'une variable continue, sur l'ensemble de la distribution, se calcule en effectuant $\int t \cdot f(t) \cdot dt$. Sur cette base, à partir d'un indicateur du choix fait par l'individu, y_{ni} représenté par la fonction I , prenant, pour chaque alternative, la valeur 1 si l'alternative est choisie et la valeur 0 si elle ne l'est pas, la probabilité de choix de l'alternative i , parmi i et j , peut être notée :

$$P(i) = \int_{\varepsilon} I(P(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < V_{ni} - V_{nj} \forall j \neq i)) f(\varepsilon_n) d\varepsilon_n$$

Lorsqu'on fait appel à la distribution cumulée de ε_n , on estime en fait, pour toutes les valeurs de ε_n possibles, la probabilité que ε_n égale 0 si ε continu, tous les autres termes d'erreur satisfaisant la condition $\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < V_{ni} - V_{nj} \forall j \neq i$.

On obtient alors la probabilité que l'alternative i soit choisie.

En terme d'estimation du modèle, le modèle sera caractérisé, selon la distribution retenue pour $f(\varepsilon_n)$, par une forme explicite, estimable directement, ou une forme plus complexe nécessitant une estimation par simulation.

2.5 - Estimation des probabilités

On s'intéresse à l'estimation des paramètres $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$, que l'on a regroupés au sein des variables rassemblées au sein des vecteurs z_{ni} et S_n .

Pour chaque individu nous détenons les informations suivantes:

- les choix des individus, représentés par y_{ni} ;
- les vecteurs d'attributs des alternatives x_{ni} et x_{nj} exprimant l'ensemble des valeurs prises, au sein des différents scénarios, par les K variables explicatives.

A partir de ces données, les modèles de choix discrets sont généralement estimés par le maximum de vraisemblance, mais d'autres méthodes existent (cf. par exemple **Ben-Akiva et Lerman, 1985, p.94-98**).

Estimation par le maximum de vraisemblance

L'estimation par le maximum de vraisemblance repose sur l'hypothèse forte de connaissance de la distribution du phénomène observé. A partir des distributions des variables, la valeur d'un nombre fini de paramètres à estimer peut être connue. Lors de l'estimation, on cherche la combinaison des valeurs des paramètres à estimer qui maximise la probabilité de réalisation de la variable observée, en l'occurrence le choix. Dans le cadre d'EPD, on estime la combinaison de valeurs des paramètres pour laquelle il est plus vraisemblable que pour toute autre d'avoir généré les réponses données par l'échantillon lors du passage de l'enquête.

La vraisemblance d'un échantillon quelconque contenant N observations est égale, puisque les individus sont choisis aléatoirement parmi la population générale, au produit des vraisemblances individuelles. Nous pouvons donc écrire la fonction de vraisemblance L^* de la probabilité de choix d'une alternative:

$$L^*(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_K) = \prod_{n=1}^N P_n(i)^{y_{ni}}$$

Par simplification, nous exprimons le logarithme de la fonction de vraisemblance, noté L :

$$L(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_K) = \sum_{n=1}^N [y_{ni} \log P_n(i)]$$

Est alors recherché, pour estimer les paramètres du modèle, le maximum de L^* ou plus simplement de L .

Lorsque le maximum de L est obtenu, il faut s'assurer que celui-ci correspond bien au maximum de la fonction de vraisemblance dans son ensemble et non à un maximum local.

Mise en application d'estimations par le maximum de vraisemblance

Des programmes informatiques sont utilisés pour estimer les modèles de choix discret.

De manière simplifiée, on part de valeurs initiales de β puis on observe les valeurs de la fonction de vraisemblance alors produites.

En fonctionnant par itération à partir de valeurs de départ différentes, on converge vers le maximum de la fonction de vraisemblance.

Pour s'assurer que le maximum ne soit pas local, il est possible de réaliser la même opération avec une valeur de départ différente et d'observer si l'estimation converge vers les mêmes résultats.

Il existe de nombreux algorithmes qui permettent de réaliser une telle estimation. Une présentation détaillée des principaux est proposée par **Train (2002, 191-202)**.

Lors de l'utilisation de logiciels, il est important de connaître les critères de convergence retenus.

3 - Les modèles de choix discret

3.1 - Le modèle Logit

Le modèle Logit est obtenu en caractérisant le terme aléatoire de l'utilité par une distribution de Gumbel.

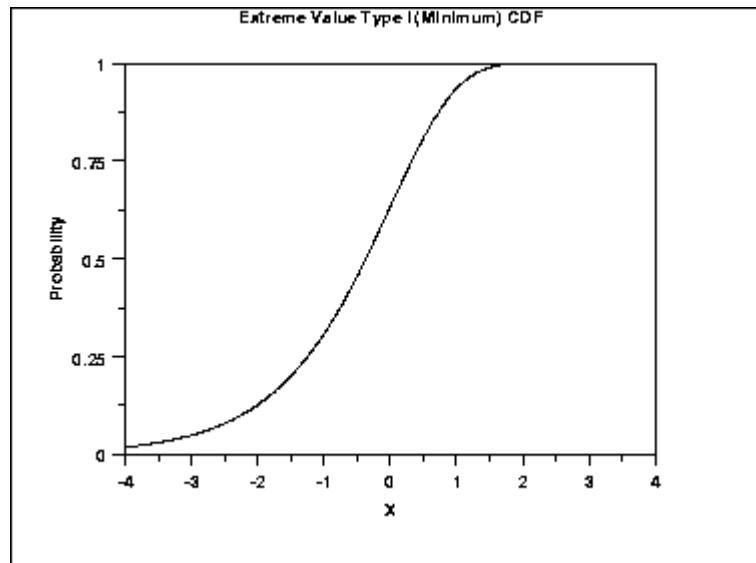
Probabilité du modèle Logit

Compte tenu des propriétés d'une distribution de Gumbel, ε_n suit les caractéristiques suivantes pour la densité puis la répartition:

$$f(\varepsilon_{ni}) = e^{(-\varepsilon_{ni})} e^{(-e^{(-\varepsilon_{ni})})}$$

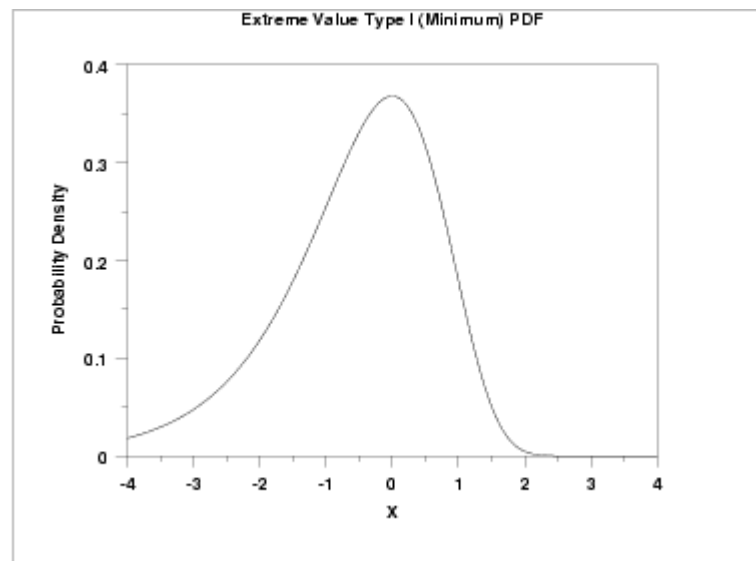
$$F(\varepsilon_{ni}) = e^{-e^{(-\varepsilon_{ni})}}$$

Figure 14 – Fonction de répartition d’une distribution de Gumbel



Source : *Engineering statistics handbook*

Figure 15 – Fonction de densité d’une distribution de Gumbel



Source : *Engineering statistics handbook*

La probabilité de choix d'une alternative peut ensuite être dérivée de diverses manières, Hesse (2005, p.20) propose une revue des démonstrations dans la littérature. Nous présentons brièvement celle proposée par **Mc Fadden (1974)**. On sait que la probabilité de choix d'une alternative est:

$$P_{ni} = P(\varepsilon_{nj} < \varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj}, \forall j \neq i)$$

Si ε_{ni} était considéré comme observable, l'expression de la probabilité correspondrait

alors à la fonction de répartition, pour chaque valeur de ε_{nj} , évaluée à $\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj}$. Il s'avère que cette fonction de répartition s'écrit avec une distribution de Gumbel $e^{-e^{(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj})}}$.

Puisque le modèle Logit repose sur l'hypothèse d'indépendance du terme d'erreur entre les alternatives (chap.3.1; p.59), la fonction de répartition de ε_{ni} est égale au produit des fonctions de répartition:

$$P_{ni|\varepsilon_{nj}} = \prod_{j \neq i} e^{-e^{(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj})}}$$

Puisque ε_{ni} est inconnu, la probabilité de choix d'une alternative pour toutes les valeurs possibles de ε_{ni} est donc calculée. Sachant que l'espérance mathématique d'une variable continue sur l'ensemble de la distribution se calcule d'après $\int_{-\infty}^{\infty} t \cdot f(t) \cdot dt$, la distribution de ε_{ni} est utilisée pour estimer la probabilité.

$$P_{ni} = \int \left(\prod_{j \neq i} e^{-e^{(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj})}} \right) \cdot e^{-\varepsilon_{ni}} \cdot e^{-e^{-\varepsilon_{ni}}} d\varepsilon_{ni}$$

Nous obtenons alors (cf. Annexe 2), la fonction de probabilité de choix d'une alternative à partir d'un modèle LOGIT. Celle-ci prend une forme explicite :

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{nj}}}$$

La relation entre la probabilité de choix et l'utilité est sigmoïde pour un modèle Logit. Ceci est le cas pour la plupart des modèles de choix discret, et comme le souligne **Train (2003, p.41-42)**, cela conditionne la manière dont le modèle représente l'impact des variables explicatives sur l'utilité :

*"Le point pour lequel une augmentation de l'utilité a le plus d'effet sur la probabilité de choix d'une alternative est quand la probabilité est proche de 0,5, soit quand la chance qu'une alternative soit choisie plutôt qu'une autre est de l'ordre du 50/50. Dans ce cas une petite amélioration impacte le choix pour les individus et entraîne un changement important en terme de probabilité." **K.E.Train, 2003, p.42***

De la même manière, si une alternative a peu de chance d'être choisie, même une forte amélioration de la perception par l'enquêté, des attributs la composant, aura *in fine* peu d'impact sur la probabilité de choix de cette alternative.

Principales caractéristiques du modèle Logit multinomial

La formule du Logit a été développée à l'origine par **Luce (1959)**, premier à présenter la formule du modèle Logit. **Marschak (1960)** développa son application dans les cas de maximisation de l'utilité sous réserve de respect de l'hypothèse d'indépendance des alternatives non pertinentes. **Mc Fadden (1974)** démontra enfin que la formule de probabilité de choix d'un modèle Logit implique forcément que le terme aléatoire de l'utilité suit une distribution de valeur extrême.

Le modèle Logit s'avère particulièrement attractif dans la mesure où il comporte de nombreux avantages :

- il est simple à estimer car les paramètres à estimer β sont uniques pour l'ensemble de la population,
- la forme explicite de la fonction de probabilité permet de réaliser facilement les estimations,
- il est simple de réaliser les tests d'hypothèses quant à la spécification de la fonction d'utilité,
- les estimations du Logit simple sont robustes dans de nombreuses situations.

Le modèle Logit permet, lorsque le terme aléatoire est indépendant entre les alternatives, d'intégrer une dimension de panel. Lorsque les personnes enquêtées effectuent plusieurs choix, l'analyste observe une séquence de choix. C'est ce qui est pratiqué lors d'une EPD pour observer comment les choix évoluent lorsque les attributs composant le scénario changent. La fonction de probabilité est alors représentée par le produit des formules Logit de chaque choix.

Les principales limites du modèle Logit sont liées à ses deux hypothèses fondamentales, soit les propriétés d'indépendance et de distribution identique du terme aléatoire de l'utilité, entre les alternatives (IID²), et d'indépendance des alternatives non pertinentes (IIA³).

Indépendance et distribution identique du terme aléatoire de l'utilité entre les alternatives (IID)

L'hypothèse d'IID établit que la partie aléatoire de l'utilité ε est indépendante et identiquement distribuée (distribution de Gumbel) entre les alternatives. Cette propriété est nécessaire à l'expression de l'équation de probabilité du modèle Logit et impose à ε d'avoir la même variance quelle que soit l'alternative et des covariances

² independant and identically distributed

³ independance from irrelevant alternatives

nulles.

La matrice de variance-covariance suivante illustre la propriété d'IID pour un univers de choix de 3 alternatives:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma^2 \end{pmatrix}$$

L'hypothèse d'indépendance est particulièrement importante. Elle établit que la partie inobservée de l'utilité est indépendante d'une alternative à l'autre. Soit que les déterminants du choix non pris en compte dans la fonction d'utilité ne sont pas les mêmes d'une alternative à l'autre.

Ainsi exprimée, l'hypothèse d'IID invite à intégrer autant que possible les facteurs déterminant du choix au sein de la composante déterministe de la fonction d'utilité afin de limiter le terme d'erreur aux composantes marginales du choix et aux biais liés à la réalisation de l'enquête.

L'hypothèse d'IID a pour principal effet de prendre en compte de manière identique pour la perception associée aux attributs.

Bien souvent, un modèle Logit permet néanmoins de traduire les préférences « moyennes » au sein de la population, et ce même si elles s'avèrent aléatoires. En revanche, aucune information n'est livrée quant à la répartition autour de la moyenne des préférences au sein de l'échantillon.

Lorsque l'analyste juge que le terme d'erreur n'est pas indépendant entre les alternatives, et que cela remet en cause la véracité des estimations, il peut:

- (a)** utiliser un modèle permettant une corrélation entre les termes d'erreur. Les autres modèles développés pour palier à l'aspect restrictif de cette propriété du Logit sont principalement les modèles : *Nested* Logit, ou modèles hétéroscédastiques de valeur extrême ;
- (b)** re-spécifier le modèle pour introduire la source de corrélation dans la partie déterministe de l'utilité;
- (c)** utiliser un modèle Logit en gardant à l'esprit que le modèle est une approximation.

Indépendance des alternatives non pertinentes (IIA)

Une des interprétations directes de la fonction de probabilité de choix d'une alternative, telle que spécifiée au sein d'un modèle Logit est que la somme des probabilités de choix de chacune des alternatives est égale à 1. Chaque individu choisit donc nécessairement une alternative parmi celles qui lui sont proposées.

Ainsi, l'accroissement de la probabilité de choix d'une alternative implique forcément la baisse de la probabilité de choix d'autres alternatives.

Cette propriété du modèle Logit a des impacts en terme de substitution des alternatives entre elles lorsque les attributs varient.

A partir de la fonction de probabilité de choix d'une alternative d'un modèle Logit, la probabilité de choix d'une alternative parmi i et j ne dépend pas des autres alternatives composant l'univers de choix proposé à l'enquêté, J .

Si l'on définit \tilde{J} comme un sous-ensemble de l'univers de choix total J , la propriété d'IIA définie que la probabilité de choix d'une alternative i parmi \tilde{J} reste inchangée quelles que soient les alternatives composant J . Le ratio de probabilité de choix de deux alternatives i et j en atteste :

$$\frac{P_{ni}}{P_{nj}} = \frac{e^{V_{in}} / \sum_{j \in C_n} e^{V_{jn}}}{e^{V_{jn}} / \sum_{j \in C_n} e^{V_{jn}}} = \frac{e^{V_{in}}}{e^{V_{jn}}}$$

L'hypothèse d'IIA impose donc, de part sa fonction d'utilité, un modèle de représentation des conditions de substituabilité des alternatives entre elles qui, selon les cas, représente justement ou de manière biaisée, la réalité.

L'exemple qui fait référence pour illustrer les situations pour lesquelles la propriété d'IIA pose problème, est le cas des bus rouges et bus bleus, présenté par **Debreu (1960)** et **Chipman (1960)**.

Face à deux alternatives, prendre un bus bleu (BB) ou la voiture (V), imaginons que la probabilité de choix soit la suivante:

$$P_i(BB) = 1/2$$

$$P_i(V) = 1/2$$

Dans ce contexte, on obtient $P_i(BB) / P_i(V) = 1$.

Supposons désormais qu'une troisième alternative soit ajoutée. Chaque individu a maintenant le choix entre un bus rouge (BR), un bus bleu (BB) et la voiture, les deux bus étant identiques en dehors de leurs couleurs. Dans ce nouveau contexte, la probabilité que le bus rouge soit choisi est attendue comme égale à la probabilité que le bus bleu soit choisi. Dans ce contexte, on obtiendrait $P_i(BB) / P_i(BR) = 1$.

Compte tenu des propriétés de la fonction de probabilité d'un modèle Logit, le ratio $P_i(BB) / P_i(V)$ doit rester identique (donc égal à 1) malgré l'ajout d'une nouvelle alternative.

L'unique probabilité pour laquelle $P_i(BB) / P_i(BR) = 1$ et $P_i(BB) / P_i(V) = 1$ est :

$$P_{(i)}(BR) = 1/3$$

$$P_{(i)}(BB) = 1/3$$

$$P_{(i)}(V) = 1/3$$

Pour autant, dans la réalité, l'utilisateur, lors de son choix, devrait prendre en compte les deux bus de la même manière (sauf peut-être quelque influence psychologique de la couleur que l'on peut considérer comme négligeable). La probabilité de choix

devrait se rapprocher de:

$$P_{(i)}(BR) = 1/4$$

$$P_{(i)}(BB) = 1/4$$

$$P_{(i)}(V) = 1/2$$

Cet exemple illustre le cas d'une situation pour laquelle le modèle Logit n'est pas adapté. Plus généralement, le modèle Logit peut donner une représentation biaisée de la réalité lorsque le ratio de probabilité de choix de deux alternatives change avec l'ajout d'une nouvelle alternative.

Ainsi, **Louvière et al. (2000)** rappellent qu'il ne s'agit pas de juger si l'IIA est une bonne ou une mauvaise propriété mais plutôt d'évaluer si elle est acceptable ou non dans certaines circonstances.

"Le respect de l'hypothèse d'IIA ne doit pas être à l'origine d'une réflexion générale dans la mesure où l'hypothèse d'indépendance n'est a priori ni désirable ni indésirable, mais doit amener à s'interroger sur son acceptation ou son rejet selon les circonstances du contexte empirique" J.J.Louvière et al., 2000, p.45

Il est possible, pour tester la compatibilité de la propriété d'IIA avec un contexte d'étude, de réaliser des estimations pour des sous groupes d'alternatives, et d'observer si les probabilités de choix s'avèrent différentes de celles issues d'une estimation réalisée à partir de l'ensemble de l'univers de choix, J .

Lorsqu'un modèle Logit n'est pas adapté, il est possible de faire recours à d'autres modèles aux propriétés différentes tel que les modèles Probit, Logit mixte et *Nested* Logit.

3.2 - Les variantes du modèle Logit

Comme nous l'avons vu, le modèle Logit n'est pas toujours adapté à certains contextes d'analyse. Divers modèles ont ainsi été développés, sur la base du modèle Logit multinomial, afin d'outrepasser ses limites. Ces modèles permettent notamment de relâcher l'hypothèse d'IID et de palier à l'incohérence de l'IIA pour certaines études. Ils font partie des familles de modèles Logit emboîtés (*Nested* Logit), hétéroscédastiques et mixtes.

Relâcher l'IID

L'essentiel des faiblesses du modèle Logit sont liées à la restriction des corrélations existantes entre les alternatives et les individus. Comme présenté précédemment, la matrice de variance-covariance pour $J = 3$ est caractérisée par **(a)** une variance égale quelle que soit l'alternative puisque le terme d'erreur est distribué de manière constante et **(b)** des covariances nulles puisque ε est indépendant entre les alternatives.

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma^2 \end{pmatrix}$$

Lorsqu'on relâche l'hypothèse de distribution identique, les variances diffèrent selon l'alternative. On obtient alors la matrice suivante:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{10}^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{20}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{30}^2 \end{pmatrix}$$

Est ici fait référence aux modèles hétéroscédastiques. Le terme hétéroscédastique signifiant que les variances diffèrent.

Les modèles probit multinomial et logit mixte offrent quant à eux la possibilité de lever à la fois l'hypothèse d'indépendance et de distribution identique du terme d'erreur. Selon le degré de spécification des fonctions d'utilité, on peut arriver au point où chaque élément de la matrice de variance-covariance est différent.

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12}^2 & \sigma_{13}^2 \\ \sigma_{21}^2 & \sigma_{22}^2 & \sigma_{23}^2 \\ \sigma_{31}^2 & \sigma_{32}^2 & \sigma_{33}^2 \end{pmatrix}$$

Il existe un autre moyen de réduire les contraintes associées à l'IID tout en utilisant un Logit simple, l'utilisation de logit emboîté. Les alternatives sont alors décomposées en sous groupes pour lesquels la propriété d'IID peut être validée sans que ce soit le cas pour l'ensemble des alternatives simultanément.

Nous présentons brièvement les modèles Logit mixte et Logit emboîté.

Le lecteur peut se référer à **Ben Akiva et Lerman (1985)**, à **Train (2003)**, à **Hesse (2005)** pour une présentation détaillée de ces modèles ou à **Louvière et al. (2000)** pour des exposés plus succincts.

Le modèle Logit Mixte

La première utilisation d'un Logit mixte est attribuée par **Ben Akiva et Lerman (1985)** à l'**EPRI⁴ (1977)**. **Hesse (2005)** y ajoute les travaux de **Boyd et Mellman (1980)** et de **Cardell et Dunbar (1980)**.

Le modèle Logit mixte permet de palier à une limite importante du Logit puisqu'il offre la possibilité d'intégrer toute variation des préférences individuelles prises en

⁴Electric Power Research Institute, Etats-Unis.

compte de manière aléatoire au sein de la fonction d'utilité. La perception associée à tout attribut est donc prise en compte de manière individuelle et les attributs sont caractérisés par une distribution.

Le modèle Logit mixte permet par ailleurs d'intégrer une dimension de panel à l'estimation.

A partir d'un Logit mixte, la fonction d'utilité associée à une alternative parmi l'univers de choix J pour un individu n est spécifiée de manière identique à celle d'un Logit simple, intégrant un vecteur β de coefficients à estimer, un vecteur μ_{in} de variables explicatives retenues et un terme d'erreur ε . La différence essentielle entre Logit simple et Logit mixte provient du vecteur β qui, pour un Logit mixte, varie, en partie ou en totalité, selon les individus. L'hétérogénéité des perceptions liée à des caractéristiques socio-économiques des individus peut être prise en compte **(a)** à partir de la spécification en les intégrant comme vu précédemment, ou **(b)** à partir de la distribution retenue pour les coefficients.

Le processus de choix se fait de manière identique, chaque individu choisissant l'alternative lui procurant le plus d'utilité mais l'analyste ne peut observer β , qui est, dans le cadre du Logit mixte un terme aléatoire au même titre que ε . Ce terme aléatoire supplémentaire, dont la distribution est définie par le chercheur est caractérisé par une moyenne et une matrice de variance covariance plutôt qu'une valeur fixe. Cette nouvelle caractéristique apporte au logit mixte une grande flexibilité au regard de ce que propose le Logit simple.

Lors de l'estimation, le chercheur va dévoiler les caractéristiques des distributions, qu'il aura fixées *a priori*, soit principalement la moyenne de la distribution et sa variance, pour chaque coefficient à estimer des variables explicatives. Le choix de la distribution associée à chaque attribut constitue une étape importante. Tout type de distribution peut être intégrée: normale, lognormale, triangulaire, uniforme... (cf. chap.4 - ; p.71)

Le logit mixte est l'intégrale d'un Logit standard pour une densité de paramètres. A partir d'un logit mixte, la probabilité que l'individu n choisisse i pour une valeur donnée de β s'écrit :

$$P_{ni} = P(\Delta x_n, \beta_n) = \frac{e^{\beta_n \Delta x_{ni}}}{\sum_j e^{\beta_n \Delta x_{nj}}}$$

La valeur de β étant aléatoire, nous observons la probabilité de choix pour toutes les valeurs possibles de β selon la distribution des variables aléatoires dont la densité est notée $f(\beta, \theta)$, θ correspondant aux paramètres de la distribution. Avec un logit mixte, la probabilité de choix est la moyenne pondérée de la formule du logit standard évaluée pour différentes valeurs possibles de β :

$$P_{ni} = P(\Delta x_n, \beta_n) = \int_{\beta} \frac{e^{\beta_n \Delta x_{ni}}}{\sum_j e^{\beta_n \Delta x_{nj}}} f(\beta, \theta) d\beta$$

Cette formule correspond en fait à la valeur moyenne de la probabilité pour l'ensemble des valeurs possibles de β , selon la distribution sélectionnée.

Comme on le voit, la forme mathématique de la probabilité de choix d'une alternative dans le cas d'un modèle Logit mixte n'interroge plus quant à la pertinence de critères de substitution des alternatives entre elles, caractérisée par l'hypothèse d'IIA. Du fait de l'intégrale, le ratio de la probabilité de choix de deux alternatives ne permet pas d'annuler le dénominateur.

L'intégration dans les fonctions d'utilité de termes aléatoires supplémentaires ne permet pas d'aboutir à une forme explicite pour la fonction de probabilité. La probabilité est donc approximée par simulation pour toute valeur tirée au hasard de θ . Nous obtenons la probabilité simulée et le log de vraisemblance simulé à partir de la moyenne arithmétique de l'ensemble des résultats obtenus à partir de ces tirages. Les modèles logit mixte ont vu leur utilisation s'intensifier dès lors que des outils informatiques plus puissants ont permis leur estimation par simulation.

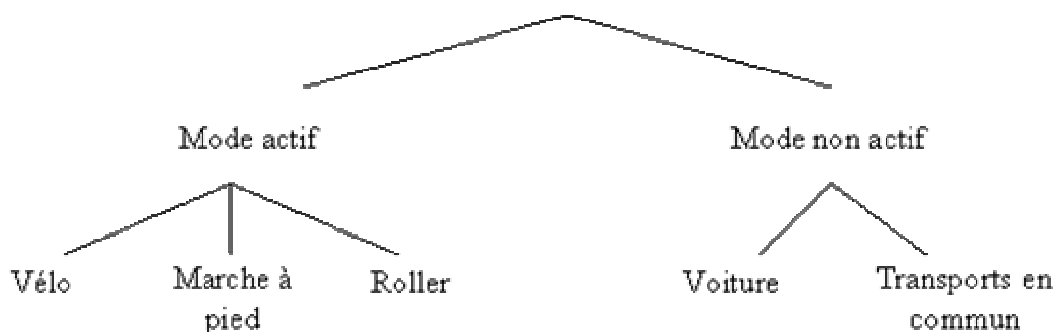
Le *Nested* Logit

Le *Nested* Logit est adéquat dès lors que l'on considère que le contexte de l'EPD amène les individus à réaliser un choix de manière séquentiel, choisissant, dans un premier temps, parmi des sous groupes d'alternatives \tilde{J} , avant dans un second temps de choisir une alternative spécifique au sein de ce sous groupe.

Dans le cadre de l'exemple des "bus rouges / bus bleus", on pourrait considérer que le choix est fait de manière séquentiel. Les individus choisissent avant tout s'ils souhaitent se déplacer en voiture ou en bus, avant de choisir le bus à la couleur lui convenant le mieux (si tant est que cet élément intervienne lors du choix).

Sur la base de l'exemple suivant, segmenté par l'analyste comme représenté Figure 16, le choix des individus apparaît comme fondé, en premier lieu, sur le choix d'utiliser un mode actif (marche à pied, vélo, roller) ou un mode non actif (transports en commun, voiture) et, en second lieu, sur le mode à utiliser. En représentant ainsi la dynamique du choix, retirer le vélo comme alternative à disposition ne modifiera en rien la probabilité de choix entre voiture et transports collectifs.

Figure 16 – Arborisation du choix par Nested Logit



Source : Réalisé par l'auteur

Dès lors que le terme d'erreur de l'utilité demeure, malgré la spécification de la fonction d'utilité, corrélé entre les alternatives et ne permet pas de considérer l'hypothèse d'IIA comme acceptable, il est possible de s'interroger sur la possibilité de faire recours à un *Nested Logit*. S'il est possible de séparer l'univers de choix de l'EPD, comportant J alternatives, en K blocs (ou *nest*), comportant chacun un sous-ensemble d'alternatives \tilde{J} , de telle manière que cette segmentation permette d'assurer l'indépendance du terme d'erreur et la pertinence de l'hypothèse d'IIA au sein de chaque bloc, alors, les *Nested Logit* peuvent être adaptés.

Ainsi, pourrait être vérifié qu'au sein d'un même bloc d'alternatives, les conditions de substituabilité des alternatives entre elles ne dépendent pas des alternatives comprises au sein des autres blocs, à l'inverse des conditions de substituabilité entre alternatives comprises au sein de blocs différents.

L'objectif est donc de segmenter les alternatives de manière à ce que l'hypothèse d'IIA semble cohérente au sein même de chacun des K blocs. Le ratio de probabilité pour chaque bloc devant être indépendant de toute alternative d'un autre bloc.

Une des manières de s'interroger sur les alternatives à regrouper est donc de se demander dans quelle mesure la suppression d'une alternative entraînerait un report de probabilité de choix sur les alternatives restant à disposition, ou, selon un autre point de vue, quelles alternatives partagent des attributs déterminant du choix compris dans la partie non observée des fonctions d'utilité.

Une fois la structure des groupes construite, l'utilité d'une alternative i se décompose en éléments propres à l'alternative elle-même ainsi qu'au bloc K_j auquel elle appartient.

$$U_i = \tilde{V}_i + \tilde{\varepsilon}_i + \tilde{V}_{K_j} + \tilde{\varepsilon}_{K_j}$$

Les termes d'erreur $\tilde{\varepsilon}_i$ et $\tilde{\varepsilon}_{K_j}$ sont supposés indépendants. Le terme d'erreur $\tilde{\varepsilon}_i$ respecte l'hypothèse d'IID, suivant une distribution de Gumbel, avec un paramètre d'échelle égal à μ_j . La distribution de $\tilde{\varepsilon}_{K_j}$ permet de vérifier que $\text{Max}_{i \in g} U_i$ suit une distribution de Gumbel avec un paramètre d'échelle égal à μ .

A chaque bloc est associé une utilité composite :

$$V_{K_j} = \tilde{V}_{K_j} + \frac{1}{\mu_j} \ln\left(\sum_{k \in K_j} e^{\mu_j \tilde{V}_j}\right)$$

Pour représenter $P(i | J)$, on formalise la probabilité que l'utilité de i choisit dans K_j soit supérieure aux utilités des alternatives les plus attractives dans n'importe quel autre groupe. La probabilité de choix d'une alternative i appartenant à l'univers de choix J , divisé en K blocs (K_1, K_j, \dots, K_n) est égale à la probabilité que l'alternative i soit choisie au sein de son groupe K_j et que le bloc K_j soit préféré à tout autre bloc, K_n .

Ainsi, la probabilité de choix d'une alternative i parmi J est donnée par :

$$P(i | J) = P_n(K_j | J) P_n(i | K_j)$$

$$P_n(i | J) = \frac{e^{\mu \tilde{V}_{K_j}}}{\sum_k e^{\mu \tilde{V}_{K_n}}}$$

$$P_n(i | K_j) = \frac{e^{\mu_j \tilde{V}_i}}{\sum_k e^{\mu_j \tilde{V}_j}}$$

L'équation de probabilité du *Nested* Logit permet une estimation directe sans faire recours à des simulations pour estimer la probabilité de choix et les caractéristiques des fonctions d'utilité.

Le modèle *Nested* Logit tel que présenté ne permet pas de représenter toutes les situations pour lesquelles le modèle Logit simple n'est pas adapté. Lorsque par exemple, deux alternatives appartenant à deux blocs différents sont corrélés, il faut recourir à un *cross-Nested* Logit.

Finalement, de nombreuses variantes des modèles de choix discret que nous avons présentés existent. Selon le contexte de l'analyse, le degré de précision recherché lors de l'étude, les moyens à disposition pour collecter l'échantillon⁵ et la connaissance économétrique de l'analyste, il s'agit de recourir au modèle le plus adapté.

Une fois ces éléments analysés, il faut spécifier le modèle et la fonction d'utilité pour réaliser les estimations finales.

⁵ Chaque modèle, selon la complexité de sa fonction de probabilité et donc de l'estimation à réaliser, requerra un échantillon de taille plus ou moins important afin d'assurer la robustesse des estimations.

4 - Spécification d'un modèle de choix discret

Dès lors que les données d'EPD sont collectées, il s'agit de spécifier le modèle. C'est une étape essentielle de la mise en application des EPD. Elle permet d'établir :

- (a)** La structure de la fonction d'utilité. Parmi les informations à dispositions, qu'elles soient propres au(x) scénario(s) ou aux individus interrogés, quelles sont celles qui ont réellement influencé le choix des personnes enquêtées ? A l'inverse, quels sont les variables qui n'ont pas été prises en compte lors du choix ?
- (b)** La nature des relations causales qui existent entre les variables explicatives et la variable à expliquer. On s'intéresse ici à la manière dont les variables retenues doivent être intégrées à la fonction d'utilité.
- (c)** Le modèle le mieux adapté pour analyser les données issues de l'EPD.

Si les chapitres précédent étaient fondés sur des bases méthodologiques rigoureuses aux interconnexions claires et largement définies, la spécification d'un modèle suit des étapes qui reposent à la fois sur la maîtrise d'indicateurs statistiques mais aussi sur la connaissance du contexte et surtout sur l'expérience de l'analyste. Il n'existe aucune règle qui garantisse, en suivant des étapes claires, de développer le modèle à la structure la mieux adaptée. Il y a néanmoins une importante littérature empirique pouvant servir de base de réflexion.

L'étude de la spécification à retenir part généralement d'un modèle simple et d'une structure de la fonction d'utilité issue d'hypothèses déterminées sur la base de connaissances du contexte de l'étude. Connaissances issues de données révélées, de la littérature scientifique en la matière, ...

Sur cette base, sont peu à peu intégrées d'autres variables à disposition pour observer si la modification apportée améliore le modèle. Chaque intégration de nouvelle(s) variable(s) explicative se fait sur la base de relations attendues entre les caractéristiques à disposition pour l'analyse.

Le choix des variables à intégrer à la fonction d'utilité est d'autant plus complexe que tout type d'indicateur peut être pris en compte. Il est non seulement possible d'introduire les variables obtenues suite à l'enquête, mais aussi des combinaisons de ces informations. Le coût d'une alternative peut être pondéré par le revenu de l'individu ou du ménage, le nombre de véhicules possédés peut être divisé par le nombre d'actifs au sein du ménage pour avoir un indicateur plus objectif...

Sur la base d'hypothèses, un panel de modèles considérés comme "raisonnables" est donc construit.

Le choix du modèle à retenir parmi les spécifications testées repose sur les résultats de divers tests statistiques qui permettent de juger de la pertinence des arbitrages qui ont été faits en terme de spécification et ainsi de mieux identifier le modèle à la structure la mieux adaptée. Parmi ces tests, est généralement utilisé le t-test, le test du rapport de vraisemblance, le test de Wald ou encore l'index du rapport de vraisemblance. Le seuil de confiance de référence retenu pour ces tests est généralement compris entre 90% et 95%.

Les valeurs du R^2 de Mc fadden et de la vraisemblance des fonctions permettent aussi de mieux juger chaque spécification mais ne suffise pas à arbitrer quant au

meilleur modèle.

Ces tests sont présentés chap.4.2 (p.76) Ils sont par ailleurs utilisés lors des EPD que nous avons menées et qui sont présentées par la suite.

4.1 - intégrer les variables explicatives

Les variables explicatives intégrées au modèle peuvent être aussi bien qualitatives que quantitatives.

Les attributs propres à l'alternative s'intègrent dans la fonction d'utilité de chaque alternative. Ils peuvent être différents d'une alternative à l'autre.

Deux attributs peuvent être combinés pour être intégrés à la fonction d'utilité, comme dans l'exemple suivant :

$$\begin{aligned}V_i &= \beta_1 \cdot \left(\frac{x_{1in}}{x_{4in}} \right) + \beta_2 \cdot Age \\V_j &= \beta_1 \cdot \left(\frac{x_{1jn}}{x_{4jn}} \right) + \beta_2 \cdot Age + \beta_3 \cdot Male \\V_k &= \beta_1 \cdot \left(\frac{x_{1kn}}{x_{4kn}} \right) + \beta_3 \cdot Male\end{aligned}$$

Puisque seule la différence d'utilité compte et que certains attributs prennent les mêmes valeurs quelle que soit l'alternative, les variables propres aux individus (caractéristiques socio-économiques, localisation, ...) doivent être intégrées à $(J - 1)$ alternatives, comme présenté dans l'exemple suivant :

$$\begin{aligned}V_i &= \beta_1 \cdot x_{in} + \beta_2 \cdot Age \\V_j &= \beta_1 \cdot x_{jn} + \beta_3 \cdot Age + \beta_4 \cdot Male \\V_k &= \beta_1 \cdot x_{kn} + \beta_5 \cdot Male\end{aligned}$$

De la même manière, l'intégration d'une constante se fait en insérant une variable spécifique à la fonction d'utilité de $(J - 1)$ alternatives. Lorsque le choix se fait parmi deux alternatives, la constante représente l'utilité de l'alternative avec constante relativement à celle sans. Lorsqu'il y a plus de 2 alternatives, chaque constante reflète l'utilité de l'alternative correspondante au regard de celle n'en ayant pas.

Il s'agit par la suite de choisir la spécification des fonctions d'utilités des diverses alternatives en apportant une réponse aux questions suivantes.

Quelles variables intégrer?

La première question qui se pose lors du développement du modèle de choix discret qui sera utilisé pour les estimations définitives est d'identifier les variables qui seront intégrées au modèle. Parmi l'ensemble des informations récoltées lors du passage du questionnaire, de nombreuses combinaisons de variables existent.

Pour y répondre, une méthode de pas à pas qui vise à introduire peu à peu les variables jugées potentiellement pertinentes est généralement utilisée. Les variables représentatives sont retenues sur la base de résultats de tests statistiques.

Pour observer si le paramètre β_1 influence le choix, l'hypothèse nulle $\beta_1 = 0$ est testée. β_1 ne sera pas intégré à la partie déterministe de la fonction d'utilité si l'hypothèse nulle n'est pas rejetée.

Une fois encore, l'analyse du contexte et la réflexion de l'analyste constitue la principale source d'inspiration. Ce travail est essentiel, la modélisation ne se résumant pas à comparer diverses estimations arbitraires.

Coefficients génériques ou propres à l'alternative?

Lorsqu'un attribut est présent dans la fonction d'utilité de plusieurs alternatives, il est possible de définir cet attribut de manière identique quelle que soit l'alternative à partir d'un coefficient générique. Au sein des fonctions d'utilité suivantes, le temps et le prix ont une influence identique sur l'utilité que l'alternative propose de se déplacer en transport collectifs (TC) ou en voiture (V).

$$U_{TC} = \beta_1.T + \beta_2.P$$

$$U_V = \beta_1.T + \beta_2.P$$

L'influence des attributs peut aussi être déterminée différemment selon l'alternative. Il est alors considéré que le temps est valorisé de manière différente si on est en voiture ou en transports collectifs. C'est ce que l'on observe au sein des fonctions d'utilité suivantes, le temps et le prix sont perçus différemment en transports collectifs et en voiture. Un coefficient spécifique caractérise le temps de parcours au sein de la fonction d'utilité de chaque alternative.

$$U_{TC} = \beta_1.T + \beta_3.P$$

$$U_V = \beta_2.T + \beta_4.P$$

Il est aussi possible de distinguer un coefficient pour seulement deux alternatives parmi trois, pour un seul attribut parmi l'ensemble des variables prises en compte...

Spécification linéaire ou non linéaire des attributs?

Pour chaque attribut et/ou selon l'alternative, il est possible de considérer qu'un attribut n'a pas le même impact sur l'utilité selon son niveau. La désutilité du temps de retard par exemple devrait avoir un effet moindre lorsqu'il est inférieur à 5 minutes, puis croître jusqu'à un point où chaque minute d'attente supplémentaire n'a plus d'effet négatif sur l'utilité tant l'attente a déjà été longue.

Pour l'intégrer à la fonction d'utilité, il est possible de segmenter la variable de temps de retard en plusieurs variables selon les niveaux de l'attribut en question. Au sein des fonctions d'utilité suivantes, le temps est segmenté en trois attributs selon l'intervalle de temps présenté au sein du scénario.

$$U_{TC} = \alpha_{ni} + \beta_1.T_{(0-10)} + \beta_2.T_{(10-30)} + \beta_3.T_{(30+)} + \beta_4.P$$

$$U_V = \alpha_{ni} + \beta_1.T_{(0-10)} + \beta_2.T_{(10-30)} + \beta_3.T_{(30+)} + \beta_4.P$$

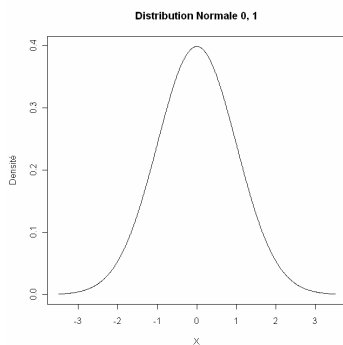
Il est par ailleurs possible de transformer mathématiquement la structure de la variable pour représenter l'utilité de manière non linéaire. C'est le cas des fonctions présentées ci après.

$$U_{TC} = \alpha_{ni} + \beta_1.T^2 + \beta_2.P$$

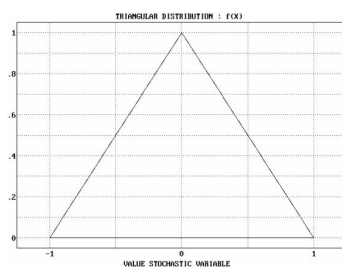
$$U_V = \alpha_{ni} + \beta_1.T^2 + \beta_2.P$$

Quelle distribution pour représenter les attributs?

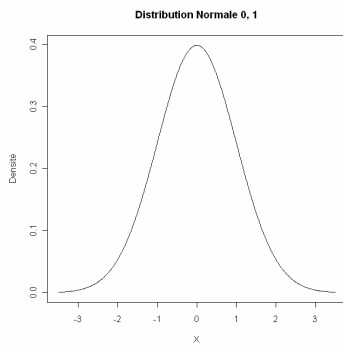
Le choix des distributions qui représentent les paramètres aléatoires influence fortement les résultats obtenus. Les caractéristiques de chaque distribution (longueur de la queue de distribution et existence ou non de valeurs négatives) vont déterminer la représentation qui est faite de chaque paramètre aléatoire. Les distributions normale, triangulaire, uniforme et log-normale sont généralement considérées (**Hensher, 2001**). Le choix de la distribution se fait au regard des effets attendus du paramètre aléatoire sur l'utilité et des caractéristiques propres à la distribution.



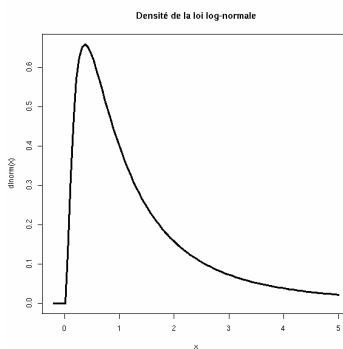
(a) Une distribution normale est caractérisée par une partie positive et une partie négative, ce qui ne correspond pas aux attributs pour lesquels une valorisation toujours positive est attendue. Les queues de distribution qui caractérisent les distributions normales impactent également les valeurs moyennes des coefficients estimés.



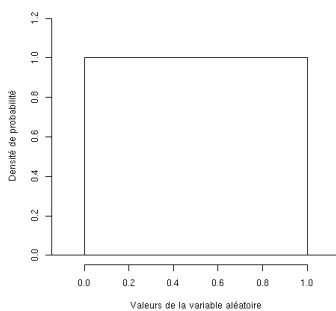
(b) Une distribution triangulaire est identique à une distribution normale mais présente l'avantage de ne pas avoir de queue de distribution.



(c) Une distribution normale censurée permet de garantir une distribution toujours positive ou nulle. Les distributions normales censurées sont constituées en remplaçant les valeurs négatives par des 0. On obtient donc une concentration de probabilité en 0 qui signifie d'un point de vue économique que l'attribut n'a pas d'importance aux yeux d'une part de la population. Pour représenter un attribut à l'influence négative (prix, temps de parcours, ...) sur l'utilité par le biais d'une distribution normale censurée, il suffit d'inverser le signe des coefficients.



(d) Une distribution log-normale comporte le même avantage que la distribution normale censurée puisqu'elle permet de représenter de meilleure manière les attributs aux influences toujours positives ou négatives sur l'utilité. En revanche, les distributions log-normales ont aussi la particularité d'avoir de très longues queues de distribution qui impactent fortement les valeurs obtenues pour les écarts-type ou les moyennes des distributions.



(e) Une distribution uniforme impose un paramètre distribué uniformément.

4.2 - Les tests statistiques comme outil d'aide à la décision

Les tests statistiques servent de base de réflexion lorsqu'il s'agit d'arbitrer entre plusieurs spécifications. Des exemples d'applications sont présentés en Annexe 2. C'est la combinaison de plusieurs tests qui permet de sélectionner le meilleur modèle. La première analyse se base sur les résultats de l'estimation des coefficients qui doivent correspondre à ce qui est attendu (signes, valeurs). Ensuite, les tests statistiques et les mesures de vraisemblance du modèle permettent de réaliser le meilleur arbitrage.

Le test du t de Student

Le test asymptotique du t de Student est utilisé pour les modèles de choix discret comme on le fait avec une régression, à la différence près que si le modèle n'est pas linéaire, le t test n'est valide qu'asymptotiquement, soit, pour des échantillons de grande taille.

Dans le cas d'une loi normale, qui sert généralement de référence, on calcule la valeur de référence t^* à partir de la moyenne μ^* de la distribution, de la moyenne estimée de l'échantillon $\hat{\mu}_N$ et de la variance estimée de l'échantillon $\hat{\sigma}_N^2$ considérée comme une représentation non biaisée de la variance réelle de l'ensemble de la population S_N^2 . On calcule ensuite la valeur critique t^* .

$$t^* = \frac{\hat{\mu}_N - \mu^*}{S_N / \sqrt{N}}$$

On compare alors la valeur de t^* à la distribution cumulée de Student pour un intervalle de confiance compris entre 95% ou 90%, et un nombre de degré de liberté $N - 1$:

$$P[t_{N-1, \alpha/2} \leq \frac{\hat{\mu}_N - \mu^*}{S_N / \sqrt{N}} \leq t_{N-1, 1-\alpha/2}] = 1 - \alpha$$

Quelles que soient les hypothèses testées, la valeur critique faisant référence selon une distribution normale est de $\pm 1,96$ lorsque l'intervalle de confiance retenu est de 95% et de $\pm 1,65$ lorsque l'intervalle de confiance retenu est de 90%. Si la valeur du t-test est en dehors de l'intervalle $[t_{N-1, \alpha/2}, t_{N-1, 1-\alpha/2}]$, alors l'hypothèse H_0 est rejetée.

On applique avant tout ce test aux modèles de choix discrets pour vérifier que les coefficients estimés diffèrent significativement de 0 ou de toute autre constante. En d'autres termes, est-ce que le modèle renvoie, pour chaque attribut, une estimation différente d'une valeur fixée aléatoirement, et donc non significative.

H_0 : Le coefficient est nul

H_1 : Le coefficient n'est pas nul

Si H_0 est rejetée, donc si $t^* \notin [t_{N-1, \alpha/2}, t_{N-1, 1-\alpha/2}]$, le coefficient considéré est significatif et inversement.

On utilise aussi le t-test pour trancher entre l'utilisation d'un coefficient générique ou propre à chaque alternative. On teste alors l'hypothèse que deux coefficients estimés pour un même paramètre, mais pour deux alternatives différentes, sont égaux.

H_0 : Les coefficients sont égaux

H_1 : Les coefficients sont différents

Dans le cas où H_0 ne peut être rejetée, les coefficients ne diffèrent pas d'un point de vue statistique, il est donc judicieux de faire une nouvelle estimation avec un paramètre β identique pour l'attribut et les alternatives considérées.

Le test du rapport de vraisemblance

Le test du rapport de vraisemblance est un test proche du test de Fischer lorsqu'on travaille par estimation des moindres carrés ordinaires. Le test du rapport de vraisemblance compare les résultats du modèle avec les paramètres estimés, à ceux obtenus à partir d'un modèle dont les paramètres seraient nuls.

Le rapport de vraisemblance est le rapport entre le log de vraisemblance du modèle $L(\hat{\beta})$ et le log de vraisemblance du modèle avec des paramètres égaux à zéro $L(0)$. Lorsque l'hypothèse nulle est $(\beta_0 = \beta_1 = \dots = \beta_K = 0)$, le test $[-2(\alpha_0 - \alpha_{\hat{\beta}})]$ est distribué selon une loi de χ^2 avec K degrés de liberté, K étant le nombre total de paramètres contraints. Lorsque l'hypothèse testée porte sur la nullité d'une seule variable, le test du rapport de vraisemblance est équivalent au t-test pour le paramètre considéré.

H_0 : Tous les coefficients sont égaux

H_1 : Tous les coefficients ne sont pas égaux

Le test du rapport de vraisemblance s'applique aussi afin de tester des hypothèses plus spécifiques. On peut ainsi comparer deux modèles en ne fixant que quelques paramètres égaux à 0 plutôt que tous. On compare alors un modèle contraint avec $\hat{\beta}_C$ coefficients et un modèle non contraint avec $\hat{\beta}_{NC}$ coefficients estimés. On compare alors $-2(\alpha_{\hat{\beta}_C} - \alpha_{\hat{\beta}_{NC}})$ à la valeur d'une distribution du χ^2 à $(K_{NC} - K_C)$ degrés de liberté.

H_0 : Les modèles contraints et non contraints sont égaux

H_1 : Les modèles contraints et non contraints ne sont pas égaux

Dans les deux cas, si la valeur du rapport de vraisemblance est supérieure à celle du

χ^2 pour le nombre de degrés de liberté correspondant, l'hypothèse H_0 peut être rejetée.

Grâce au rapport de vraisemblance, il est possible de comparer un modèle aux attributs génériques ou spécifiques aux alternatives. On compare ici les fonctions de vraisemblance de deux modèles, $L(\beta_G)$ étant celle du modèle contraint aux paramètres génériques, et $L(\beta_S)$ celle du modèle non contraints aux paramètres spécifiques.

H_0 : Les modèles contraints et non contraints sont égaux, la spécification plus précise n'apporte donc aucun pouvoir explicatif au modèle

H_1 : Les modèles contraints et non contraints ne sont pas égaux, des coefficients spécifiques doivent être retenus

Le rapport de vraisemblance correspond à la part explicative supplémentaire du modèle non contraint par rapport à celle du modèle contraint, tous deux estimés avec les mêmes données et pour les mêmes alternatives. Il peut s'appliquer à tout type d'interrogation quant à la spécification du modèle. Deux modèles estimés à partir de données ou d'alternatives différentes ne peuvent être comparés à partir du rapport de vraisemblance.

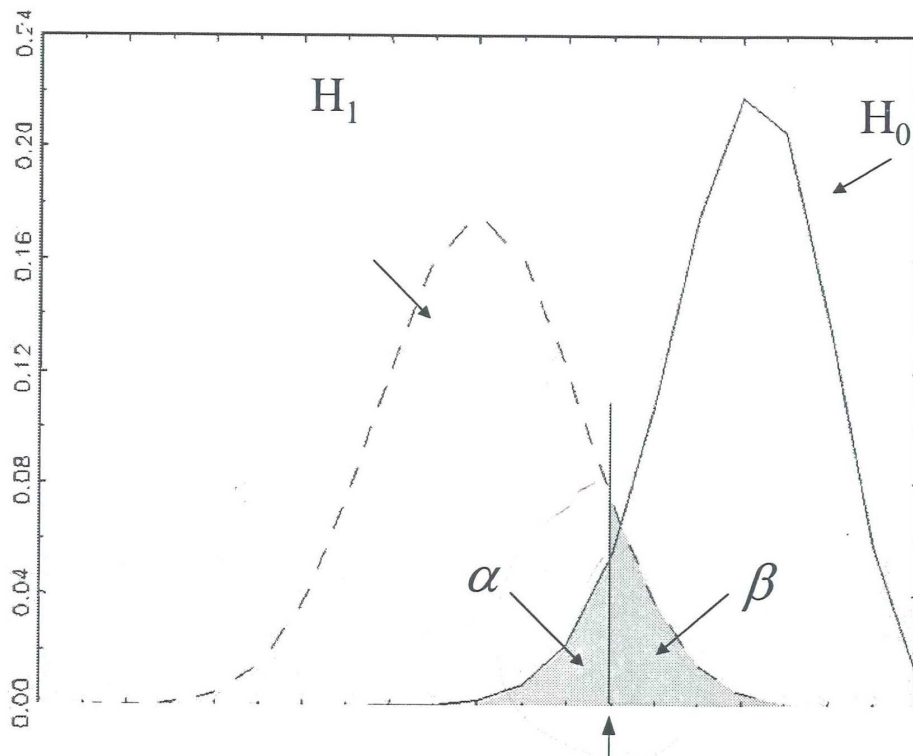
Autres tests associés aux estimations par le maximum de vraisemblance

Lorsque l'on réalise un test d'hypothèse à partir d'estimations faites à l'aide du maximum de vraisemblance, il est parfois possible de rejeter à tort (erreur de type 1) ou d'accepter à tort (erreur de type 2) les hypothèses H_0 ou H_1 . Lorsque l'on se trouve dans la zone grisée (Figure 17), il arrive de tirer des conclusions erronées. Cela se produit principalement lorsque l'échantillon est petit. Mieux vaut donc parfois de réaliser également un test de Wald et/ou un test du multiplicateur de Lagrange.

L'index du rapport de vraisemblance est simple à calculer et fournit une information similaire à celle du R^2 dans une régression classique. Puisque, toutes choses égales par ailleurs, un modèle à la valeur du maximum de vraisemblance plus grande, est considéré comme fournissant une meilleure estimation, l'index du rapport de vraisemblance permet de comparer deux spécifications différentes. Cet index repose sur les mêmes outils que le rapport de vraisemblance mais s'interprète de manière plus directe. Il donne une idée de la qualité de l'estimation réalisée.

$$\rho^2 = 1 - \frac{\alpha(\hat{\beta})}{\alpha(0)}$$

Figure 17 – Erreur de type I et erreur de type II



Source : EPFL, stated preference course

L'un des biais de cet indicateur est sa sensibilité au nombre de variables. Mieux vaut donc ajuster ρ^2 par le nombre de degrés de liberté K pour obtenir $\bar{\rho}^2$.

$$\bar{\rho}^2 = 1 - \frac{\alpha(\hat{\beta}) - K}{\alpha(0)}$$

5 - Informations issues d'une EPD

Après avoir couvert l'ensemble des étapes nécessaires à la réalisation d'une EPD, il s'agit maintenant de se pencher sur les informations obtenues par l'analyste et à disposition pour apporter une réponse à la problématique de l'étude.

Parmi celles-ci, on retrouve tout d'abord les variables de la fonction d'utilité (valeur des coefficients et significativité statistique) ainsi que leur corrélation. Les élasticités peuvent également être calculées. Sur la base des coefficients estimés et de la structure des préférences, les choix que réaliseraient les individus face à toute situation composée des attributs testés dans un contexte similaire à celui présenté dans les scénarios, peuvent être projetés.

5.1 - Estimations issues de traitements de données d'EPD

Les coefficients estimés, utilité marginale et taux marginale de substitution

Les coefficients estimés, β_{ij} , constituent le principal output des modèles issus de méthodes préférences déclarées. Avant de s'interroger sur la robustesse des estimations statistiques, ils permettent de vérifier, pour chaque alternative, la pertinence des résultats obtenus sur la base des signes des coefficients et de leurs valeurs.

La valeur des coefficients estimés apporte une information sur le poids de l'attribut au sein de l'arbitrage réalisé par chaque enquêté lors de son choix. Les coefficients obtenus correspondent à l'utilité marginale des différents attributs et ne sont donc pas directement interprétables.

Les valeurs monétaires associées à chaque attribut sont inférées en divisant tout attribut, β_n , à l'attribut prix, noté ci-après β_{px} . On obtient un taux marginal de substitution :

$$\frac{\beta_n}{\beta_{px}}$$

La Figure 18 donne l'exemple de résultats d'estimations présentés par **Louvières et al. (2000)**, qui traitent du choix du mode de transport lors de déplacements domicile - travail. Les données qui ont permis de réaliser ces estimations ont été collectées auprès d'un échantillon de 1000 individus. Chaque choix devait être fait parmi 4 alternatives : la voiture individuelle (*drive alone*), l'auto-partage (*ride share*), le train et le bus. 5 attributs propres aux alternatives étaient intégrés aux scénarios : le temps de parcours à bord du véhicule, le temps de marche, le temps d'attente, le coût et le coût du parking.

Figure 18 – Exemple de résultats d'estimations

Attribute	Alternative	Taste weight	t-statistic
Drive alone constant	drive alone	0.58790	2.32
Ride share constant	ride share	0.32490	1.23
Train constant	train	0.29870	1.86
In-vehicle cost	all modes	-0.00255	-2.58
In-vehicle time	drive alone	-0.05251	-4.32
In-vehicle time	ride share	-0.04389	-3.21
In-vehicle time	train	-0.03427	-2.67
In-vehicle time	bus	-0.03523	-2.75
Walk time	train	-0.07386	-3.57
Walk time	bus	-0.06392	-3.25
Wait time	train	-0.11451	-2.18
Wait time	bus	-0.15473	-4.37
Parking cost	drive alone	-0.07245	-2.59
Parking cost	ride share	-0.00235	-1.24
Personal income	drive alone	0.03487	5.87
Log likelihood at zero		-2345.8	
Log likelihood at constants		-2023.7	
Log likelihood at convergence		-1534.8	
Likelihood ratio (pseudo R^2)		0.346	

Source : Louvière et al., 2000, p.73.

Elasticités individuelles

L'élasticité la plus simple à calculer est celle propre à un individu. On observe alors comment varie la probabilité de choix lorsqu'une variable indépendante (un des attributs), notée x_k varie.

$$E_{x_{nik}}^{P_n(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial x_{nik}} * \frac{x_{nik}}{P_n(i)}$$

Pour un Logit multinomial, on a:

$$E_{x_{nik}}^{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln x_{nik}} = [1 - P_n(i)] x_{nik} \beta_k$$

L'élasticité croisée se calcule de la même manière en observant comment varie la probabilité de choix lorsqu'une variable indépendante (un des attributs) d'une autre alternative varie. Pour un individu, on fait:

$$E_{x_{njik}}^{P_n(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial x_{njik}} * \frac{x_{njik}}{P_n(i)}, \forall j \neq i$$

Pour un Logit multinomial, on a:

$$E_{x_{nj k}}^{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln x_{nj k}} = [1 - P_n(i)] x_{nj k} \beta_k, \forall j \neq i$$

L'élasticité croisée d'un Logit simple n'apporte cependant guère d'information puisque, du fait même de l'IIA, les élasticités croisées sont uniformes entre les alternatives. La variation d'un attribut de l'alternative j génère des élasticités croisées identiques pour toutes les alternatives $i \neq j$.

Elasticités agrégées

Les élasticités agrégées peuvent être calculées pour la population dans son ensemble ou pour un groupe contenant N individus.

Pour calculer les élasticités, on commence par évaluer la part attendue de réponses pour chaque alternative, (i) .

$$(i) = \frac{\sum_{n=1}^N P_n(i)}{N}$$

Pour obtenir l'élasticité, on observe la réaction de chaque individu à un changement uniforme d'un attribut $x_{nj k}$, et on calcule l'élasticité moyenne en pondérant par la probabilité de choix:

$$E_{x_{nj k}}^{n(i)} = \frac{\sum P_n(i) E_{x_{nj k}}^{P_n(i)}}{\sum P_n(i)}$$

Il en est de même pour l'élasticité croisée:

$$E_{x_{nj k}}^{n(i)} = \frac{\sum P_n(i) E_{x_{nj k}}^{P_n(i)}}{\sum P_n(i)}$$

5.2 - Prévisions et simulations à partir d'estimations issues de traitements de données d'EPD

Les analyses d'EPD reposent majoritairement sur l'analyse de résultats agrégés. Ceux-ci peuvent être basés sur la population entière ou sur des sous - groupes de population, à condition que la segmentation en T sous groupes de population s'avère pertinente.

A partir de résultats issus d'EPD, il est possible de simuler des prévisions de choix d'alternatives sur la base de valeurs fixées pour chacun des attributs. Sur cette base, si les conditions rencontrées par chaque individu dans la réalité peuvent être reconstruites, il est possible d'effectuer des prévisions de comportements.

Cependant, on ne connaît pas toujours la valeur prise dans la réalité par chaque attribut du modèle pour chaque individu, hormis ces questions ont été ajoutées au questionnaire d'EPD.

Dans l'exemple présenté Figure 18 sauf à avoir considérablement allongé le questionnaire, l'analyste ne connaît pas le temps de marche, le temps de parcours en voiture... de chaque individu interrogé.

L'analyste connaît, grâce à l'EPD, l'importance attribuée par l'individu n à chaque attribut. Les résultats de l'EPD nous donnent la part de marché des alternatives compte tenu des valeurs prises par les attributs au cours des scénarios.

Afin de réaliser des estimations de part de marché dans la situation réelle pour l'ensemble de notre échantillon, il faut que l'on applique notre modèle en prenant en compte la valeur prise par chaque attribut η pour chaque individu. Si η_i n'est pas précisément connu, il faut sélectionner des valeurs permettant l'agrégation des préférences individuelles sans introduire de biais trop important.

On note N_T , le nombre d'individus appartenant au groupe d'individu T dont on souhaite simuler la réaction, $N_T \leq N$. η correspond à l'ensemble des attributs inclus dans le modèle et $P(i | \eta)$, la probabilité que l'alternative i soit choisie par un individu $n \in T$ compte tenu des valeurs prises par les attributs dans sa situation particulière.

Si η_n était connu pour l'ensemble de la population, on pourrait évaluer directement $P(i | \eta_n)$ sur la base de notre modèle. Les individus dans T , qui choisiraient l'alternative i , $N_T(i)$, et la part de marché, $W(i)$, d'une alternative se calculerait directement:

$$N_T(i) = \sum_{n=1}^N P(i | \eta_n)$$

$$W(i) = \frac{1}{N_T} \sum_{n=1}^N P(i | \eta_n)$$

Il s'avère que, si les valeurs de η_n pour chaque alternative sont inconnues et qu'elles sont remplacées par des valeurs trop approximatives, les résultats obtenus par l'analyste sont biaisés. Lorsqu'il s'agit d'évaluer des parts de marché, cela peut être source de variations importantes.

Figure 19 - Informations individuelles détenus par le chercheur

Alternatives	A_1	A_2	...	A_J	Total
Observations					
1	P_{11}	P_{12}	...	P_{1J}	1
2	P_{21}	P_{22}	...	P_{2J}	1
...
N	P_{N1}	P_{N12}	...	P_{NJ}	1
Total	N_1	N_2	...	N_J	N

Source : Réalisé par l'auteur

Pour définir les valeurs de η_n le plus précisément possible si elles sont inconnues, il est possible de :

(a) Sélectionner un individu moyen. On construit un individu moyen aux caractéristiques de la population à laquelle on s'intéresse, et on utilise sa probabilité de choix d'une alternative comme représentation directe de la part de marché W_i . Cette technique introduit d'autant plus de biais que la variance dans la population est importante.

(b) Classer la population. On divise la population pour laquelle on souhaite mettre en oeuvre une simulation en G groupes les plus homogènes possibles. On utilise ensuite un individu moyen pour représenter les préférences et les probabilités de choix de l'ensemble des sous-groupes. On évalue ensuite N_T en faisant la somme des parts de marchés de chaque alternative pour chaque G , relativement à leur tailles respectives (en pondérant selon N_G). On limite ainsi le biais présenté dans le cas où un seul individu moyen est sélectionné.

(c) Intégrer explicitement une fonction représentative de la distribution des attributs dans la population. On représente la distribution des préférences pour les attributs dans la population par une distribution continue pouvant convenir.

(d) Énumérer l'échantillon. On utilise un échantillon d'individus, que l'on considère comme une approximation de la valeur pour la population dans son ensemble, pour calculer W_i .

D - Conclusion

La réalisation d'EPD, depuis la définition des objectifs jusqu'à l'obtention des résultats, mobilise des savoir-faire et des compétences diverses. Il s'agit tout d'abord de connaître au mieux le contexte au sein duquel s'inscrit la réalisation de l'enquête. Par la suite, gestion de projet, statistique, économétrie, psychologie, sont autant de domaines de compétence qui doivent être mobilisés pour aboutir à des résultats de qualité.

Lors de la mise en œuvre, le pilotage du projet doit être défini afin d'assurer un maximum de cohérence au fil de la vie des travaux d'enquête qui durent, selon le dispositif mis en place, de quelques mois à une année. Il s'agit ici d'un élément déterminant afin de limiter les biais liés à la réalisation de l'enquête, nombreux dans le cadre d'une enquête et particulièrement pour une EPD, en contrôlant au mieux les interactions existantes entre chaque étape.

Le développement du *design* doit être mis en œuvre de manière extrêmement minutieuse.

Le choix des attributs, tout comme celui des niveaux d'attributs, joue un rôle primordial et doit être validé sur la base de tests. Autant que possible, ils doivent être personnalisés en adéquation avec les habitudes des personnes enquêtées. Un arbitrage important doit être effectué afin de produire un *design* équilibré (nombre d'attributs ; attributs retenus) et soutenable financièrement.

Sur la base des attributs choisis, le plan factoriel doit être choisi en fonction des traitements à effectuer, de la taille de l'échantillon représentatif qui pourra être mobilisé et des contraintes financières. Dans les faits, un plan factoriel fractionné est bien souvent la méthode retenue puisqu'il permet de réduire le nombre de scénarios à tester sans pour autant profondément limiter les informations générées lors des traitements. Autant que possible, un plan factoriel orthogonal doit être privilégié mais les estimations sont malgré tout possibles si l'orthogonalité est imparfaite. Lors de la composition des *trade off*, des méthodes existent et doivent être privilégiées pour éviter de faire recours à une combinaison aléatoire des scénarios.

Par la suite, les traitements doivent être effectués. Au sein de ce premier chapitre, seuls les modèles conventionnels ont été présentés tout en soulignant les éléments devant être paramétrés (modèles conventionnels ; propriétés des modèles ; forme fonctionnelle de la fonction d'utilité ; corrélations entre variables...). Autant que possible, il est nécessaire de prendre en compte l'hétérogénéité des perceptions individuelles (dimension panel ; modèle adapté).

En matière de traitements, de nombreux développements existent par ailleurs et une littérature abondante permet de mobiliser le modèle adapté au contexte et aux données à disposition en spécifiant la fonction d'utilité de la meilleure manière.

Les études de cas présentées par la suite ont vocation à présenter le travail de conception et de mise en œuvre d'une EPD en mettant l'accent sur les choix effectués et leur fondement.

CHAPITRE 2 : QUELLES EVOLUTIONS POUR LE TARIF FAMILLES NOMBREUSES ? CALCULS DE SURPLUS SUR LA BASE DE RESULTATS D'UNE ENQUETE PREFERENCES DECLAREES COMME BASE D'EVALUATION DES FUTURS POSSIBLES

A - Introduction

A la demande des pouvoirs publics, la SNCF propose des tarifs sociaux⁶. Ces tarifs préférentiels ont pour objet de favoriser l'accès au transport ferroviaire de certaines populations ou d'encourager certains types de déplacements.

En tant qu'obligations de service public, ils sont compensés par l'Etat. Cette disposition, prévue par un avenant de juillet 1949 à la Convention du 31 août 1937, est désormais régie dans le cadre de l'article 32 du cahier des charges de la SNCF et de l'article 24 de la LOTI. Ces tarifs sont dénués de toute contrainte. Ils ont notamment la particularité de ne pas être contingentés, contrairement aux tarifs commerciaux. Cela signifie qu'ils sont toujours disponibles quel que soit le moment d'achat du billet et le train emprunté.

La carte Familles Nombreuses appartient à cette catégorie de tarif. Créée d'abord de manière provisoire par la loi du 14 février 1920, elle a ensuite été officialisée par la loi du 29 octobre 1921 relative au nouveau régime des chemins de fer d'intérêt général. En offrant des réductions de 30 à 75% pour les familles comprenant au moins trois enfants de moins de 18 ans, sa vocation originelle était d'aider les familles nombreuses, souvent modestes en raison de leur progéniture nombreuse, de les remercier pour leur contribution (humaine) à l'effort de guerre et de redorer l'image de la France. Cette politique était clairement nataliste à une époque où le chemin de fer bénéficiait d'une suprématie presque totale sur les modes concurrents. Ce tarif est très ancien et est porteur d'une symbolique forte. Il représente, aux yeux de ses utilisateurs et des organisations familiales, bien plus que la condition pour obtenir une réduction sur un billet de train.

On recense aujourd'hui 1,4 million de porteurs de cartes Familles Nombreuses avec un taux de pénétration de seulement 35%. Ils se répartissent de la manière suivante : 72% de cartes 30% (familles de 3 enfants) dont 7% de cartes 30% à vie⁷, 17% de cartes 40% (familles de 4 enfants), 6% de cartes 50% (familles de 5 enfants) et 4% de cartes 75% (familles de plus de 5 enfants).

Le tarif Familles Nombreuses est le tarif social qui génère le plus de recettes devant le Billet Populaire de Congés Annuels et les abonnements : 36% des recettes tarifs sociaux en 2005 sur l'ensemble du réseau SNCF⁸ et 2% des recettes de la SNCF.

La carte Familles Nombreuses générait en 2005 près de 6,5 millions de voyages. Leur nombre se réduit progressivement d'année en année depuis 1996 mais à un rythme très lent (8 millions en 1996). La tendance à la baisse s'observe également pour les voyageurs kilomètres depuis 1996. La baisse est plus nette depuis 2002 à la fois pour

⁶Il existe huit tarifs sociaux: la carte Familles Nombreuses, l'Abonnement de Travail, le tarif Réformés Pensionnés de Guerre, le Permis de Visites aux Tombes pour les Familles des Militaires Morts pour la Patrie, le Billet Populaire de Congés Annuels, l'Abonnement Elèves Etudiants Apprentis, le tarif pour les accompagnateurs de personnes handicapées civiles et le tarif Promenades d'Enfants

⁷ Les cartes 30% à vie sont accordées aux parents qui ont eu simultanément cinq enfants ou plus de moins de 18 ans (loi de 1923).

⁸ Grandes Lignes + TER

les voyages et pour les voyageurs kilomètres. Pour ce qui est des recettes, on observe, depuis 2002, une petite baisse, de 1 à 2% par an.

Aujourd'hui, divers éléments poussent à s'interroger sur la place de ce tarif au sein d'un dispositif redistributif défini il y a plus de 60 ans.

Au premier rang de ces éléments, nous retrouvons la question du financement de ce tarif. La compensation versée par les Pouvoirs Publics est devenue forfaitaire depuis le début des années 2000. Cela signifie, d'une part, que l'entreprise n'a aucune visibilité sur la répartition de la compensation par tarif social et que, d'autre part, cette compensation n'est pas indexée sur les évolutions de trafic des tarifs sociaux. De plus, elle se réduit progressivement d'année en année, ce qui interroge quant à l'intervention de l'Etat dans ce dispositif. En 2007, l'Etat contribuait en moyenne à hauteur de 163€ par porteur de carte Familles Nombreuses et de 61€ par voyage. Si la compensation était réduite à peau de chagrin, qu'advierait-il du tarif Familles Nombreuses ? Cette question n'est pas anodine dans le contexte actuel de libéralisation des services publics en Europe qui vise à rechercher plus de rentabilité et de transparence et vient remettre en cause certaines subventions publiques qui finançaient autrefois ce type de mesure.

A cela viennent s'ajouter de nombreux indices témoignant du fait que la logique de la carte Familles Nombreuses n'est aujourd'hui plus vraiment respectée du fait des évolutions de la société Française tant en terme de structure que de pratiques de déplacements.

De plus, les trafics liés à ce tarif ont faibli de manière importante en raison d'une double concurrence : celle d'autres modes de transport d'une part, celle de la gamme tarifaire commerciale d'autre part qui « cannibalise » plus ou moins fortement ce tarif par la multiplication de prix attractifs pour tous.

Enfin, il apparaît même que le tarif familles nombreuses est parfois détourné à des fins professionnelles.

Ces éléments incitent à s'interroger sur les évolutions pouvant être données à ce tarif. D'un point de vue politique et social, sa suppression définitive n'est pas envisageable même si le tarif Familles Nombreuses ne répond plus aux objectifs qui lui ont été assignés. La dernière tentative avortée du gouvernement de réformer le tarif Familles Nombreuses en Avril 2008 en atteste.

Parmi les évolutions possibles, les seules crédibles sont celles qui rapprochent le tarif familles nombreuses d'un tarif commercial, en ajoutant des conditions d'accès à la réduction offerte aux porteurs : contrainte d'anticipation, d'heure de voyage ou encore de présence obligatoire d'un des enfants. Si de telles évolutions ne bénéficient *a priori* qu'à l'opérateur, cela permettrait de se questionner sur la justification des compensations versées par l'Etat à la SNCF, de s'interroger sur le bénéfice réel retiré par les porteurs de carte Familles Nombreuses et d'observer les solutions à disposition pour repenser l'objet social à destination des familles nombreuses et le rendre plus efficace d'un point de vue redistributif.

Compte tenu de l'absence d'information sur la population Familles Nombreuses et puisque aucune modification de ce tarif ne permet de tirer de conclusion sur les comportements des porteurs de carte Familles Nombreuses, la mise en place d'une enquête préférences déclarées s'impose d'elle-même pour en savoir plus sur les effets

de telles évolutions auprès de la demande. Les porteurs de carte Familles Nombreuses accepteraient-ils de voir de nouvelles contraintes leur être imposées en contrepartie d'une réduction supplémentaire ? Quel serait le consentement des porteurs à accepter certaines évolutions de ce tarif ? Quelles évolutions semblent les plus pertinentes ? Quelles évolutions semblent les plus acceptables socialement et/ou politiquement ? Quelles évolutions semblent les plus réalisables ?

Pour répondre à ces questions une enquête préférences déclarées a été menée auprès de 1005 porteurs de carte Familles Nombreuses. Les résultats obtenus permettent déjà de trouver des pistes d'évolution. Associés à une approche par calcul de surplus financier pour l'opérateur, nous observons avec plus de clarté et de clairvoyance les réformes possibles et les réformes les plus bénéfiques d'un point de vue financier pour l'opérateur ainsi que pour la collectivité.

B - Le tarif Familles Nombreuses - Contexte général

Deux grandes raisons justifient la mise en place d'une enquête sur la carte Familles Nombreuses (CFN) : d'une part, la mauvaise connaissance de l'utilisation et de la perception de ce tarif ; d'autre part, la nécessité d'envisager son évolution du fait de dysfonctionnements et du désengagement progressif de l'Etat.

1 - Les porteurs de carte Familles Nombreuses, une population méconnue

La nécessité de réaliser une enquête est partie du constat du manque notoire d'informations et de connaissances sur l'utilisation de la CFN, ses bénéficiaires, leur comportement de voyage, leurs perceptions et leurs opinions.

En effet, si de nombreuses discussions ont eu lieu entre la SNCF et sa tutelle avec la mise en place de groupes de travail, elles ont, le plus souvent, porté sur le constat de dysfonctionnements de la tarification sociale sans conduire à des études approfondies. Nous n'en avons recensé qu'un petit nombre. Au niveau de la SNCF, quelques études ont été réalisées dans les années 1980⁹. Dans le milieu scientifique, une seule étude a été réalisée ; elle a donné lieu à plusieurs publications (**CREDOC, 1979 ; Madre, 1987**). Au niveau de l'Etat, nous trouvons quelques rapports publics dont un seul portait uniquement sur les tarifs sociaux (**Seligmann et Cheval, 2001**)¹⁰.

D'une part, les compensations versées par l'Etat à la SNCF au titre du tarif FN ne sont plus indexées sur les niveaux de trafic des porteurs mais prennent la forme de forfaits depuis 1996. Toute analyse du trafic ou des populations concernées est ainsi devenue inutile tant du point de vue de l'Etat que de la SNCF. D'autre part, l'étude des bénéficiaires des tarifs sociaux présente, aux yeux de la SNCF, moins d'intérêt que celle des tarifs commerciaux puisque les tarifs sociaux lui sont imposés par l'Etat et qu'elle ne dispose, sur leur fonctionnement, d'aucune marge de manœuvre.

2 - Le décalage du tarif Familles Nombreuses avec ses objectifs originels

Au-delà de cette méconnaissance, la CFN est aujourd'hui sujette à discussion. Du fait d'imperfections et de dysfonctionnements, son intérêt et sa portée sociale semblent

⁹ La SNCF a réalisé dans les années 1970-1980 quelques études spécifiques sur les familles et sur la tarification, notamment sur l'interaction des tarifications sociales et commerciales. En dehors de ces études, il n'existe pas, à notre connaissance, d'études spécifiques sur la tarification sociale ni sur la carte Familles Nombreuses. La SNCF réalise aujourd'hui des « enquêtes photos » sur certaines grandes relations, pour lesquelles le tarif Familles Nombreuses apparaît à travers la question : « *Pour ce voyage, quel tarif avez-vous utilisé ?* ». Les réflexions et la connaissance des familles nombreuses et des bénéficiaires des tarifs sociaux ont été aussi enrichies par des stages.

¹⁰ Contrairement à ce rapport, les rapports Nora et Guillaumat n'abordaient la tarification sociale que de manière succincte ; le rapport Abraham traitait, en plus de la tarification sociale ferroviaire, de la tarification dans les autres services publics.

discutables¹¹. Les interrogations surviennent quant à ses fondements et à son utilisation.

Pour ce qui est des fondements, la logique de la CFN ne semble plus vraiment respectée.

D'abord, les évolutions démographiques de la société française rendent ce tarif au moins partiellement caduc. Les familles sont de moins en moins nombreuses. Leur nombre s'est réduit de 9% entre 1982 et 1990 et de 16% entre 1982 et 1999¹².

Ensuite, comme le soulignaient déjà les rapports **Nora (1967)**, **Guillaumat¹³ (1979)** et les travaux de **Madre (1979)**, l'efficacité redistributive du tarif FN est sujette à caution. Trois raisons principales en sont à l'origine.

D'une part, le train n'est plus le mode exclusif de transport terrestre comme à l'époque où a été créé le tarif FN. Les comportements de déplacement des FN ont évolué. Elles se déplacent de plus en plus en voiture pour des questions de coût et de praticité. Elles sont motorisées à 94%¹⁴ et leurs déplacements personnels à plus de 100 km sont réalisés à 80% par ce mode et à 9% en train¹⁵. Pour ce qui est des très longues distances, l'avion est de plus en plus utilisé.

D'autre part, initialement prévu pour des voyages en famille, 17% des déplacements avec la CFN sont réalisés pour motif professionnel¹⁶, cette part pouvant aller jusqu'à 50% sur certaines destinations et moments de la journée. Pour étayer cet argument, il est intéressant d'observer la répartition des voyages sur les jours de la semaine selon la classe empruntée. En 1^{ère} classe, la CFN est utilisée essentiellement en semaine du mardi au vendredi (77% contre 23% le week end du samedi au lundi). En 2^{ème} classe, elle est utilisée à 38% la semaine et 62% le week end¹⁷. Par ailleurs, les destinations sur lesquelles voyagent les FN sont, pour certaines, considérées comme fortement empruntées par les professionnels¹⁸.

Enfin, les caractéristiques socio-démographiques des porteurs de carte viennent contredire l'objectif redistributif initial de ce tarif (Tableau 15 –).

¹¹L'ensemble des tarifs sociaux, hormis les abonnements, est confronté à des difficultés.

¹² INSEE, Recensements 1982, 1990 et 1999

¹³ Ce rapport, comme le **rapport Abraham (1982)** sur la tarification dans les grandes entreprises publiques, posait même la question de la nature de l'instrument utilisé. Une aide monétaire directe ne serait-elle pas préférable et moins distorsive qu'une action *via* les tarifs d'une grande entreprise publique ?

¹⁴ INSEE, Enquête sur les conditions de vie des ménages, 2000

¹⁵ INSEE, Enquête Mobilité, 1994

¹⁶ Enquête Carte Familles Nombreuses, novembre - décembre 2006

¹⁷ L'ensemble de ces chiffres porte sur l'année 2005 sur le Réseau Principal (Grandes Lignes + TER).

¹⁸ Source interne SNCF

Tableau 15 – Catégorie socioprofessionnelle des FN porteuses de la CFN et des FN dans la société française

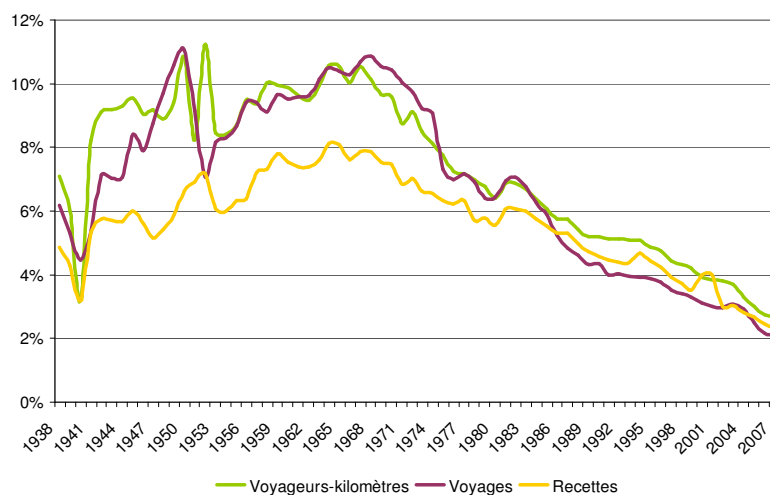
CSP	Familles porteuses de la carte Familles Nombreuses	Familles Nombreuses
Agriculteurs	2%	3%
Artisans-commerçants	5%	7%
Cadres et professions intellectuelles supérieures	41%	14%
Professions intermédiaires	15%	16%
Employés	15%	13%
Ouvriers	5%	40%
Retraités	13%	2%
Inactifs (au foyer, chômeurs)	5%	6%

Source : Enquête sur le CFN (2006-2007) ; INSEE, Recensement 1999

Les familles bénéficiaires de la carte sont en majorité des familles de cadres et professions intellectuelles supérieures (près de 40%) ; 5% seulement d'entre elles sont des familles d'origine ouvrière. Cette répartition est en parfaite opposition avec la structure des FN au sein de la population française : leur chef de famille est ouvrier dans 40% des cas, cadre dans seulement 16% des cas.

Pour ce qui est du fonctionnement du tarif FN, des questions se posent quant à son intégration dans la politique tarifaire globale de la SNCF. Comme le montre la figure suivante, le tarif FN connaît un déclin dans son utilisation.

Figure 20 – Evolution de la part du tarif FN dans l'ensemble des recettes, voyages et Vk SNCF depuis 1938



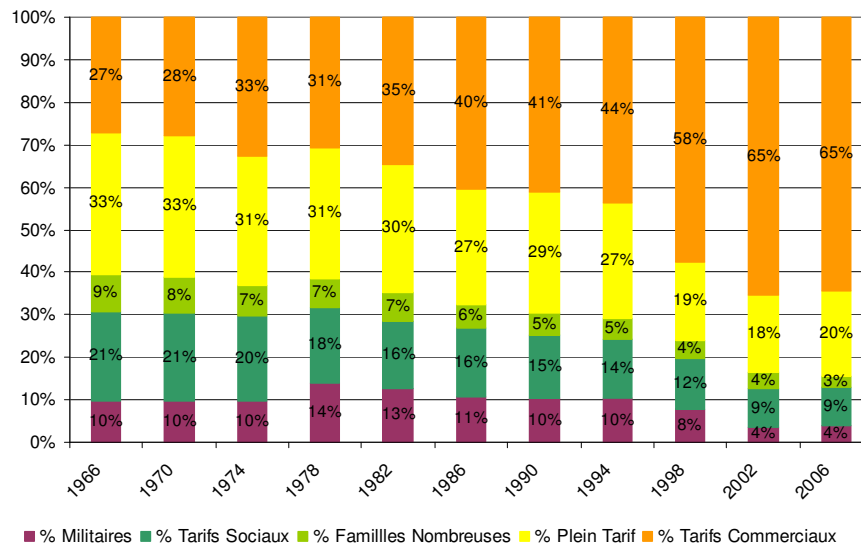
Source : SNCF

La rupture se situe au début des années 1970, lorsque la SNCF a commencé à développer sa politique commerciale. Cette dernière « cannibalise » plus ou moins fortement la tarification sociale par la multiplication de prix attractifs pour tous¹⁹,

¹⁹La SNCF propose régulièrement des offres commerciales très attractives à des tarifs très bas. Outre les offres promotionnelles ponctuelles, le tarif Prem's par exemple, lancé en 2003, est très attractif sur

grignotant les trafics liés au tarif FN et, plus généralement, ceux liés aux tarifs sociaux (Figure 21). La rupture s'est accentuée à la fin des années 1990 et au début des années 2000 avec la mise en œuvre d'une gamme tarifaire commerciale toujours plus élaborée, si bien que le tarif FN ne représente plus aujourd'hui que 3% des Vk et 2% des recettes et des voyages SNCF contre près de 11% des Vk et des voyages et 8% des recettes en 1970. La part du tarif FN dans le trafic SNCF a ainsi chuté de plus de 70% entre 1970 et 2006 et de 60% pour l'ensemble des tarifs sociaux.

Figure 21 – Répartition du trafic en Vk par catégorie de tarif depuis 1966



Source : SNCF

Bien évidemment, en arrière plan, la concurrence de la voiture particulière précédemment décrite et la réduction du nombre de FN au sein de la population française viennent aussi expliquer l'érosion de l'utilisation du tarif FN.

3 - Le tarif Familles Nombreuses – Un soutien financier de l'Etat qui se raréfie

La tarification sociale est également confrontée à une autre difficulté : le désengagement financier de l'Etat.

Depuis 2002 en effet, la compensation versée par l'Etat pour l'activité Grandes Lignes n'est plus indexée sur le trafic lié à la tarification sociale. De plus, l'enveloppe de compensation se réduit d'année en année (-36% entre 2002 et 2007) sur décision unilatérale de l'Etat et sans justification. La subvention actuelle ne serait pas suffisante compte tenu des modalités de calcul définies dans le rapport de référence sur la question²⁰ (compensation Grandes Lignes recalculée dans le tableau suivant).

certaines relations, la seule condition étant de réserver longtemps à l'avance son billet (entre 3 mois et 14 jours avant le départ). Parallèlement, les gammes tarifaires mises en place en 1997 et en 2007 proposent des réductions intéressantes.

²⁰ Seligmann, B., Cheval, M., 2001, *Rapport sur les tarifs sociaux de la SNCF décidés et compensés*

Tableau 16 – Compensation pour tarifs sociaux versée et recalculée depuis 2002 (en millions d’euros)

Année	Compensation TER	Compensation Grandes Lignes perçue	Compensation Grandes Lignes recalculée
2002	212,3	114,9	121,9
2003	213,8	114,9	120,4
2004	222,2	114,9	125,2
2005	249,4	100 ⁽¹⁾	120,2
2006	272,0	89,0	120,5
2007	284,7	74,0	121,3
2008	Nd	69,5	Nd
2009	Nd	69,5	Nd

⁽¹⁾ La compensation prévue au titre de l'année 2005 était initialement de 100 millions d'€. La dernière mensualité n'ayant pas été honorée (décret 2005-1362 portant annulation de crédits). Son montant a été revu à la baisse à hauteur de 100 millions d'euros.

Source : SNCF, Voyageurs France Europe, Direction Commerciale TGV

Cette évolution n'est pas anodine dans le contexte actuel de libéralisation des services publics en Europe qui remet en cause les modalités traditionnelles de financement des obligations de service public.

Ainsi, les fondements et le contexte de fonctionnement actuel de la CFN posent la question de sa pertinence et de sa légitimité et poussent à mener une réflexion globale sur ses possibles évolutions. Pour mieux répondre aux problèmes évoqués et apporter des solutions efficaces, acceptables et équitables, la construction d'une enquête s'avérait nécessaire.

C - L'enquête Familles Nombreuses

Parce que le tarif FN n'est plus en adéquation avec l'objectif originel qui le fonde, parce que les dysfonctionnements sont nombreux, parce que le financement des tarifs sociaux devient de plus en plus problématique, les questions d'une réforme de ce tarif et d'une meilleure utilisation des deniers publics par l'Etat se posent. Il s'agit là de questions vives pour la SNCF qui doit arbitrer entre une logique de service public et une logique commerciale, mais aussi pour les pouvoirs publics qui doivent participer à la mise en œuvre du droit au transport et tenir compte d'un contexte économique et institutionnel particulier du fait de la libéralisation des services en réseaux.

Néanmoins, réformer un tarif ne va pas de soi.

Déterminer les marges de manoeuvre possibles pour l'entreprise et la collectivité suppose d'avoir une connaissance fine de l'objet que l'on souhaite modifier, d'évaluer les attentes et les perceptions de la population qui l'utilise, et de prendre en compte l'ensemble des contraintes qui s'imposent.

Cette tâche apparaît particulièrement délicate pour le tarif FN, dans la mesure où ce tarif est aujourd'hui assez méconnu, totalement dénué de contraintes et fait l'objet d'un attachement fort de ses bénéficiaires. Comment faire évoluer un tarif aussi avantageux sans susciter une réaction vive dans l'opinion publique et auprès des organisations familiales ? Quels sont les leviers utilisables ?

Afin de déterminer les marges de manoeuvre possibles pour faire évoluer la tarification sociale, nous avons mis en place une enquête. Elle repose, pour une part, sur les méthodes traditionnelles d'enquête et, pour une autre part, sur la méthode des préférences déclarées.

1 - Objectifs et mise en place de l'enquête Familles Nombreuses

Dans la mesure où cette enquête était la première du genre pour cette tarification, mais aussi du fait de la relative méconnaissance du tarif FN et parce que nous n'avions la possibilité de ne faire qu'une seule étude, les objectifs étaient nombreux :

- mieux connaître les utilisateurs et non utilisateurs de la CFN ;
- mieux connaître et appréhender leur comportement de voyage ;
- mieux comprendre la perception qu'ils ont de leur carte, qu'ils l'utilisent ou non ;
- tester certains concepts, tels que « le tarif social », afin de déterminer ce qu'ils représentent pour ceux qui en bénéficient sans nécessairement le savoir ;
- valider ou invalider un certain nombre d'hypothèses régulièrement diffusées, tant au sein de l'entreprise que de son ministère de tutelle ou dans l'opinion publique, concernant la symbolique et l'attachement à cette carte, son détournement professionnel et la « cannibalisation » par les tarifs commerciaux ;
- tester des évolutions du tarif FN afin d'en mesurer l'acceptabilité et les compensations à fournir pour la favoriser.

Pour répondre à ces multiples objectifs, le questionnaire a fait appel à des items aux formes traditionnelles et à des scénarios de préférences déclarées.

La grande majorité du questionnaire forme donc un questionnaire quantitatif classique qui a permis **(a)** de déterminer le comportement de voyage de la population porteuse d'une CFN (fréquence annuelle de déplacement, caractéristiques du dernier voyage, date, motif, etc.), **(b)** d'obtenir des renseignements sur la manière dont les porteurs de CFN perçoivent un tarif social et leur CFN. Au cours du questionnaire, afin de mieux connaître leurs opinions et de déceler une éventuelle réticence « naturelle » au changement²¹, nous leur avons également demandé de se prononcer sur des thématiques associées aux tarifs sociaux comme sur les effets de la concurrence sur la qualité et le prix des services en réseau, sur le concept de différenciation tarifaire ou encore sur la manière dont ils envisagent une aide de l'Etat pour les déplacements. Au sein de ce questionnaire riche et complet, nous avons intégré des scénarios de préférences déclarées au cours desquels nous avons proposé aux porteurs actuels des aménagements commerciaux de leur carte afin de tester leurs réactions et leurs consentements à accepter des évolutions du tarif FN. Si le questionnaire complet figure en annexe, seuls les résultats de certaines questions et de l'enquête préférences déclarées (EPD) ont été utilisées pour évaluer les évolutions possibles du tarif FN. Pour une analyse détaillée de l'ensemble des résultats issus de cette enquête, le lecteur peut se reporter à **De Boras (2010)**.

Les enquêtes préférences déclarées permettent de modéliser et de prévoir les réactions des consommateurs face à toute modification de leur univers de choix. La flexibilité qu'elles offrent est une des principales raisons à leur utilisation. Tout décisionnaire peut ainsi obtenir des informations sur des situations hypothétiques ou lorsque aucune donnée révélée n'existe (création d'une situation inédite, modification de l'offre existante sans point d'ancrage, de comparaison dans la réalité).

L'un des principaux objectifs de notre enquête étant d'estimer dans quelle mesure les détenteurs de la carte seraient susceptibles d'accepter des modifications des tarifs privilégiés qui leur sont offerts, le recours à une EPD était incontournable. La méthode des préférences déclarées nous permet d'identifier le(s) levier(s) d'action

²¹ Les questions d'opinion se sont inspirées des questionnaires d'Agoramétrie et de l'enquête menée par le Commissariat Général du Plan en 2003-2004 « Citoyens et usagers face aux évolutions des services publics marchands » (cf. Baumstark, 2006).

Cette enquête avait pour objectifs, d'une part, d'évaluer la perception des Français des changements intervenus dans ces secteurs ces dernières années et, d'autre part, d'articuler cette perception avec leurs convictions citoyennes et leurs comportements effectifs vis-à-vis de ces services. Les enquêtes d'Agoramétrie, quant à elles, analysent, depuis plus de trente ans, les structures de l'opinion de la population française. Elles cherchent à dépasser les positionnements conjoncturels des différentes catégories de la population sur les débats de société pour entrer dans les oppositions qui la structurent et qui mettent en jeu des valeurs fondamentales, voire symboliques. Ces analyses sont basées sur les débats qui alimentent les médias et marquent les périodes considérées. 76 thèmes très conflictuels ont été retenus dans la dernière enquête (2003), traitant de sujets divers (environnement, mœurs en société, retraites, transports, etc.). Les individus interrogés doivent donner leur opinion sur des formulations simplifiées de ces thématiques, par exemple : « On ne se sent plus en sécurité » ; « Le haschich devrait être en vente libre » ; « Il faut défendre les 35 heures » ; « Il y a trop de travailleurs immigrés » ; « En général, les hommes politiques sont des gens biens » ; « La force nucléaire de dissuasion est indispensable à la France » ; « Il faut réduire au maximum les écarts de revenus » ; « On peut avoir confiance en la justice ».

Le travail statistique réalisé sur ces données permet par la suite, non seulement de situer les individus les uns par rapport aux autres en fonction de leur prise de position sur chacun de ces conflits, mais aussi de situer le conflit les uns par rapport aux autres. Les conclusions générales de ces travaux constituent des éléments d'analyse robustes grâce à la répétition des enquêtes.

auxquels les FN sont sensibles et ainsi la(les) caractéristique(s) de la carte sur lesquelles la SNCF est susceptible d'agir pour faire évoluer ce tarif social.

Il s'agit donc d'observer la réaction des porteurs face à la mise en place de contraintes restrictives d'utilisation de la CFN. Ces contraintes doivent être manipulables par l'entreprise et doivent permettre de faire face aux dysfonctionnement observés sur la CFN. Nous avons retenu les attributs suivants :

- la contrainte de réservation qui impose de réserver à l'avance (R) ;
- la contrainte d'horaire du voyage qui incite à voyager en heure creuse plutôt qu'en heure de pointe (C).
- la contrainte d'accompagnement qui oblige de voyager avec au moins un enfant (E) ;
- le taux de réduction qui offre une réduction supplémentaire en contrepartie des nouvelles contraintes imposées (P).

Les deux premières contraintes s'inscrivent dans la continuité de la politique de *yield management* mise en place par la SNCF et semblent incontournables lorsque l'on considère l'outil tarifaire. Les FN n'ont actuellement aucune contrainte dans ces deux domaines. Les prendre en compte permet d'évaluer dans quelle mesure la SNCF pourrait mettre en place des incitations ou imposer des obligations dans ce sens.

La troisième contrainte se justifie par le fait que les porteurs utilisent parfois leurs cartes FN de façon détournée pour des déplacements professionnels. Sa mise en place permettrait d'évaluer l'attachement des détenteurs à la liberté de pouvoir voyager accompagné ou non de leurs enfants et d'estimer la marge de manoeuvre de la SNCF dans ce domaine.

En contrepartie des contraintes imposées afin de favoriser l'acceptabilité, un taux de réduction supplémentaire est proposé aux bénéficiaires.

Les niveaux d'attributs ont été retenus suivant des pas pertinents pour la SNCF (contrainte de réservation) et tant clairs que symboliques pour les voyageurs (réduction supplémentaire, majoration/minoration de la réduction, contrainte de voyage avec enfant). Attributs et niveaux d'attributs sont détaillés dans le Figure 22.

Précisons que les minorations ou majorations associées aux attributs px et pc s'appliquent aux taux de réduction de base selon la carte possédée par le porteur.

Enfin, nous avons fait le choix d'un plan factoriel complet réparti entre les individus à hauteur de trois scénarios tirés au hasard pour chaque enquêté. Dans notre enquête, compte tenu des attributs et des niveaux déterminés, nous avons obtenu 128 scénarios différents par catégorie de détenteur, correspondant à des CFN fictives.

Afin d'évaluer le degré d'attachement symbolique des porteurs, nous avons fait le choix original de toujours confronter les porteurs à des situations de choix binomial, entre leur carte actuelle et une carte fictive (CF). Chaque *trade off* est donc constitué d'une CF et de la carte actuelle des porteurs. Notre enquête ayant été réalisée par téléphone, cela a aussi contribué à simplifier la mise en situation et à éviter toute incompréhension. Trois *trade off* successifs sont proposés aux enquêtés.

Au cas par cas, sont enlevées les situations de dominance stricte d'une carte sur l'autre²². De la même manière, jamais la seconde, puis la troisième carte proposée, ne

²²Cas où l'on proposerait par exemple de choisir entre la carte Familles Nombreuses existante (sans contrainte avec un taux de réduction associé) et une carte fictive proposant un même taux de réduction

doit donner lieu au même arbitrage²³.

Figure 22 – Attributs et niveaux d’attributs retenus

Attributs	Niveaux d’attributs
<i>E^a</i>	« J’ai la liberté de voyager seul ou accompagné » « Je suis contraint de voyager avec au moins un enfant »
<i>R^a</i>	« Je Réserve quand je le souhaite » « Je dois réserver au moins 2 jours avant le départ » « Je dois réserver au moins 5 jours avant le départ » « Je dois réserver au moins une semaine avant le départ »
<i>C^a</i>	« Je bénéficie du même taux de réduction quelle que soit l’heure de mon départ » « Je bénéficie d’un taux majoré de 5% en heures creuses et minoré de 5% en heures de pointe » « Je bénéficie d’un taux majoré de 10% en heures creuses et minoré de 10% en heures de pointe » « Je bénéficie d’un taux majoré de 15% en heures creuses et minoré de 15% en heures de pointe ».
<i>P^a</i>	+0% +5% +10% +15%

Source : Réalisé par l’auteur

La figure suivante donne l’exemple d’un scénario proposé à un porteur de CFN 30%.

L’enquête s’est déroulée par téléphone entre le 25 novembre et le 16 décembre 2006. Les personnes interrogées ont été sélectionnées au sein de l’ensemble des porteurs déclarés²⁴ de CFN²⁵ selon un échantillonnage stratifié²⁶ en fonction du taux de

tout en imposant une nouvelle contrainte. Chaque détenteur aurait ici tout intérêt à conserver sa carte actuelle.

²³ Nous faisons allusion ici à deux scénarios successifs proposant des taux de réduction dégressifs et des contraintes inchangées. Si la personne interrogée refuse la nouvelle carte lors du premier plan d’expérience, elle refusera vraisemblablement le second. De même, si la personne accepte la nouvelle carte et que le supplément de réduction augmente.

²⁴ Il aurait été intéressant d’interroger également les familles nombreuses qui ne disposent pas de carte Familles Nombreuses. Pour des raisons budgétaires et des difficultés de recrutement de la population à enquêter, cela n’a pas été possible.

²⁵ Les porteurs de carte Familles Nombreuses ont été tirés au sort dans la base de données SNCF OLAF (Outil Logiciel Appliqué aux Familles Nombreuses) qui sert à la production et à la gestion des CFN. La base contenait alors environ 359 360 familles.

²⁶ Pour la stratification de l’échantillon, la population a été divisée en groupes homogènes (strates), qui sont mutuellement exclusifs (un individu ne peut appartenir qu’à une seule strate). A partir de chaque strate ont ensuite été sélectionnés des échantillons indépendants. L’échantillon stratifié permet d’avoir des sous-groupes de taille suffisante et de ne pas avoir de surreprésentation, dans notre cas, du taux 30% et de certains départements (Rhône, Bouches du Rhône, Nord) ou régions (Ile de France).

Concrètement, une table pour chaque département a d’abord été créée. Puis ces tables ont été rassemblées selon la densité du département en 6 tables : inférieure à 100 habitants par km² ; entre 100 et 200 habitants par km² ; entre 200 à 250 habitants par km² ; entre 350 à 550 habitants par km² ; entre 600 à 950 habitants par km² ; entre 5000 à 8500 habitants par km² ; supérieure à 20 000 habitants par km² (Paris).

réduction de leur CFN et de leur localisation géographique, plus précisément de la densité de population de leur lieu de résidence²⁷.

A partir des résultats obtenus *via* cette méthode, il est possible d'estimer l'importance accordée à chacune des contraintes imposée aux porteurs. En d'autres termes, il s'agit de la compensation que devrait accorder la SNCF pour que ces contraintes soient acceptées. Nous pouvons ainsi identifier celles qui sont susceptibles de favoriser ou, au contraire, de freiner l'acceptabilité d'un changement.

Les coefficients obtenus permettent également d'évaluer l'élasticité de la demande aux contraintes retenues et de simuler des réactions de marché face à l'introduction d'une nouvelle carte. Il est ainsi possible de tester l'acceptabilité de certaines réformes, de déterminer un « taux d'adhésion » et de calculer les gains ou pertes générés par ces évolutions.

Figure 23 – Exemple de scénarios proposés à un porteur de CFN bénéficiant de 30% de réduction

no de questionnaire : "30-001"

Scénario A

- Pas d'obligation de voyager avec enfants
- Obligation de réserver une semaine à l'avance
- Réduction de 30 % en période de pointe et de 50 % en période de creux

Scénario B

- Obligation de voyager avec au moins un enfant
- Pas d'obligation de réservation
- Réduction de 45 % sans condition de période

Scénario C

- Obligation de voyager avec au moins un enfant
- Obligation de réserver deux jours à l'avance
- Réduction de 30 % en période de pointe et de 60 % en période de creux

Source : Réalisé par l'auteur

Chacune de ces tables a ensuite été divisée en fonction des cinq taux de réduction. Cela a abouti au final à 35 tables. Enfin, a été défini le nombre de personnes qui devait figurer dans chaque table pour que les traitements soient significatifs. Le quintuple a été tiré au sort aléatoirement puisque, au téléphone, environ une personne sur cinq répond à un questionnaire.

²⁷ Une stratification sur le département ou la région aurait été intéressante mais n'a pu être retenue car elle aurait généré un nombre de strates trop important.

2 - L'enquête préférences déclarées - Population Enquêtée

Au final, 1005 porteurs de cartes ont été interrogés. Nous aurions du obtenir 3015 observations de préférences déclarées.

Parmi ces observations, nous avons dû en supprimer 1356:

- les personnes à qui aucun scénario n'avait été passé (744 observations, soit 208 personnes) ;
- les non voyageurs restant (402 observations, soit 165 personnes) : nous avons considéré que ces personnes ont eu du mal à se mettre en situation et à évaluer objectivement l'influence de chaque contrainte sur leurs pratiques potentielles ou encore celle du taux de réduction sur le tarif. C'est d'ailleurs parmi elles qu'il y a eu le plus de non-réponses ou d'incapacité à faire un choix. L'estimation économétrique réalisée sur le segment des non voyageurs (Tableau 17 –) apporte confirmation puisque **(a)** les résultats obtenus montrent clairement qu'ils n'ont pas d'attachement particulier à leur carte (la constante est non significative) contrairement aux porteurs qui voyagent et **(b)** la contrainte de réservation n'est pas significative ;
- les porteurs de carte 30% à vie qui restaient après les premières éliminations (81 observations, soit 30 personnes) : ces personnes ont été éliminées car les scénarios qui leur ont été proposés n'étaient pas adaptés ;
- les personnes à qui des scénarios erronés ont été proposés (60 observations, soit 13 personnes) : par exemple, des taux de réduction inférieurs à ceux dont ils disposaient en réalité ont parfois été offerts malgré la présence de nouvelles contraintes ; les porteurs ont alors choisi, en toute logique, de conserver leur carte. Si cela a permis de vérifier la rationalité des enquêtés, les informations en terme d'arbitrage ne présentent aucun intérêt ;
- les personnes qui ont répondu deux et trois fois « ne sait pas » (69 observations, soit 25 personnes).

Au final, le nombre de personnes pour lesquelles les réponses sont exploitables est de 553, soit 1659 observations.

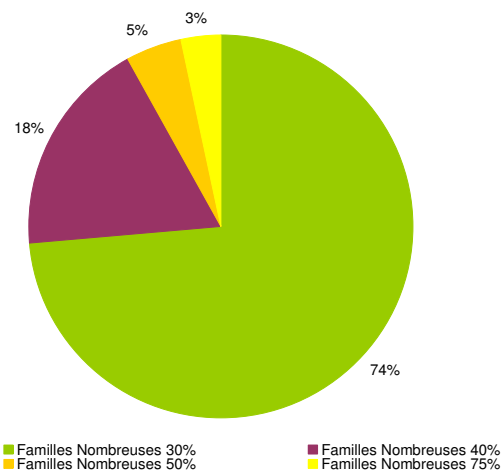
Tableau 17 – Estimations par Logit simple par segment voyageurs *versus* non voyageurs (661 individus)

	Voyageurs (553 personnes)			Non Voyageurs (262 personnes)		
	Estimate	Std.Error	t-value	Estimate	Std.Error	t-value
Constante	0,660	0,196	3,370	0,236	0,503	0,470
px	0,124	0,018	7,090	0,142	0,043	3,290
e	-1,630	0,184	-8,840	-1,450	0,437	-3,330
pc	0,004	0,014	0,320	-0,038	0,033	-1,140
r	-0,045	0,017	-2,720	-0,047	0,038	-1,220

Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006, Estimations de l'auteur

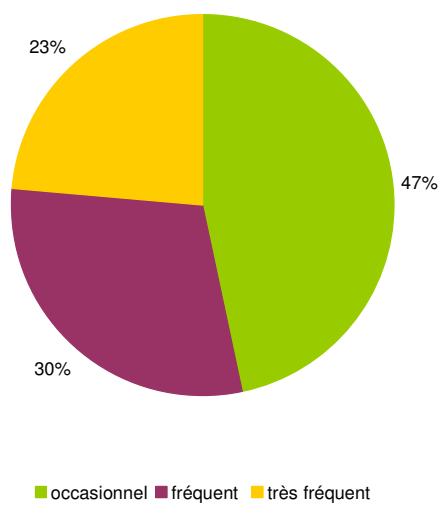
Les caractéristiques de notre population EPD sont données dans les figures suivantes.

Figure 24 – EPD – Taux de réduction des porteurs



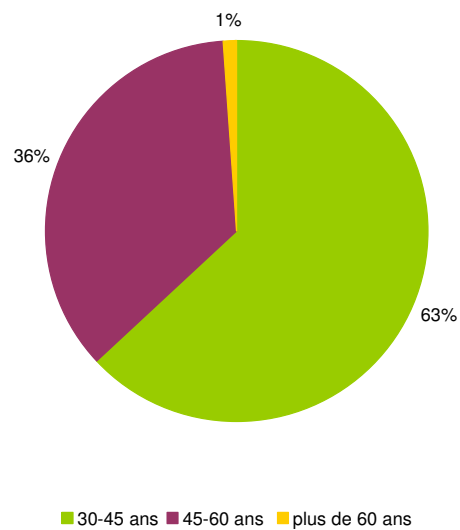
Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

Figure 25 – EPD – Fréquence de voyage des porteurs



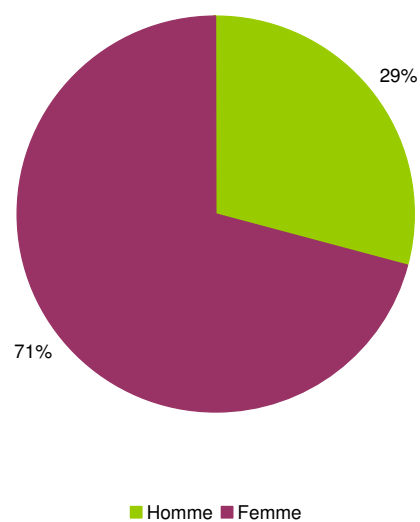
Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

Figure 26 – EPD – Age des porteurs



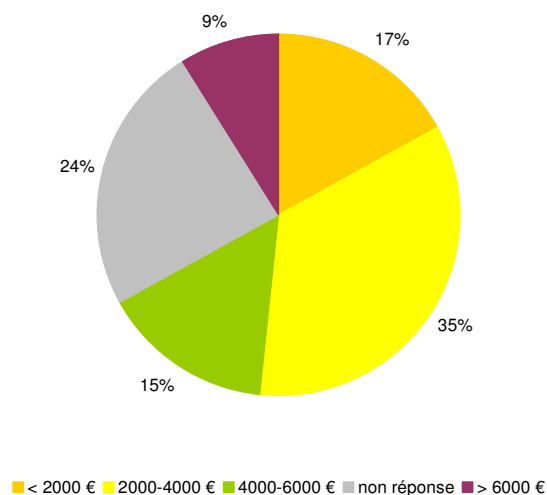
Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

Figure 27 – EPD – Sexe des porteurs



Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

Figure 28 – EPD – Revenus du ménage



Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

L'échantillon de notre EPD est constitué :

- de bénéficiaires de cartes à 30% de réduction (74%) : pour ces voyageurs, les tarifs commerciaux proposés par la SNCF entrent en concurrence directe avec les réductions obtenues grâce à la carte ;
- de voyageurs aux habitudes de déplacement²⁸ hétérogènes puisque 47% des enquêtés prennent le train occasionnellement (de 1 à 5 voyages par an), 30% le prennent fréquemment (de 6 à 10 voyages par an) et 23% très fréquemment (plus de 10 voyages par an) ;
- majoritairement des porteurs âgés de 30 à 45 ans (63%) : seul 1% des porteurs interrogés a plus de 60 ans car la plupart d'entre eux sont titulaires d'une CFN 30% à vie. Or, nous avons retiré les scénarios proposés à ces porteurs de notre échantillon d'EPD ;
- majoritairement des femmes (71%) : souvent mères au foyer au sein des FN, elles étaient les plus facilement joignables par téléphone ;
- des ménages aux revenus hétérogènes.

Enfin, comme le montre le tableau suivant, notre échantillon pour l'EPD est cohérent et représentatif de la population FN initiale, sauf pour l'âge.

²⁸ Un voyage correspond à un trajet simple et non aller-retour.

Tableau 18 – Population FN versus population EPD

		Population Familles Nombreuses	Population Enquête Préférences Déclarées
Taux de réduction	Familles Nombreuses 30%	63%	73%
	Familles Nombreuses 40%	14%	18%
	Familles Nombreuses 50%	4%	5%
	Familles Nombreuses 75%	3%	3%
Fréquence	occasionnelle	47%	47%
	fréquent	29%	30%
	très fréquent	24%	23%
Age	30-45 ans	52%	63%
	45-60 ans	33%	36%
	plus de 60 ans	15%	1%
Sexe	Homme	86%	29%
	Femme	14%	71%
Revenu	< 2000 €	23%	17%
	2000-4000 €	31%	35%
	4000-6000 €	12%	15%
	non réponse	27%	24%
	> 6000 €	7%	9%

Source : Réalisé par l'auteur.

3 - L'enquête préférences déclarées - Traitement et estimation des résultats

Comme précisé, les enquêtes préférences déclarées permettent d'estimer l'importance accordée aux différents attributs qui composent la fonction d'utilité des personnes interrogées et de simuler les réactions de marché face à l'introduction d'une nouvelle carte. Pour cela, nous devons comparer l'utilité retirée de la carte actuelle et celle de la carte proposée.

On retrouve les caractéristiques des modèles de choix discret dans **Train (1983)** ou **Ben-Akiva et Ierman (1985)**.

L'utilité associée à une carte dont les caractéristiques sont notées x^a est donnée par $U(x, \beta) = \beta'x + \varepsilon$, avec $\beta'x = \beta_0 + \beta_{px} px + \beta_{pc} pc + \beta_r r + \beta_e e$. px, pc, r, e représentent respectivement le pourcentage de réduction proposé, le différentiel pointe-creux, le nombre de jours de réservation et l'obligation de voyager avec enfant.

La carte actuelle, notée o correspondant $x^o = (px^o, 0, 0, 0)$ où $px^o = 30, 40, 50, 75\%$ selon la taille de la famille. La personne interrogée choisit la carte proposée si elle lui procure un niveau d'utilité supérieur à la carte actuelle. Cette condition s'écrit comme suit :

$$\Delta U = U(x, \beta, \varepsilon) - U(x^o, \beta, \varepsilon^o) = \beta' \Delta x + \varepsilon - \varepsilon^o \geq 0$$

Si les termes d'erreurs suivent une distribution de Gumbell, la probabilité de choisir la carte proposée s'écrit :

$$P(\Delta x, \beta) = \frac{e^{\beta \Delta x}}{1 + e^{\beta \Delta x}}$$

Les paramètres β mesurent l'utilité marginale de chaque attribut. Si nous supposons qu'ils sont identiques pour toutes les personnes interrogées, la probabilité que la personne i accepte la carte proposée ayant les caractéristiques x_i s'écrit :

$$P_i^a = P(\Delta x_i, \beta) = \frac{e^{\beta \Delta x_i}}{1 + e^{\beta \Delta x_i}}$$

Ce modèle, dit logit simple, repose sur l'hypothèse de constance, d'un individu à un autre, des coefficients représentant l'attachement associé à chaque attribut de la carte.

À l'inverse, dans notre cas, nous considérons que les individus interrogés sont issus d'une population hétérogène et que la valeur qu'ils attachent aux différents attributs de la carte varie d'un individu à un autre. La probabilité de choix de la carte s'écrit alors :

$$P_i = P(\Delta x_i, \beta_i) = \frac{e^{\beta_i \Delta x_i}}{1 + e^{\beta_i \Delta x_i}}$$

où β_i représentant le vecteur de coefficients propre à l'individu i .

Il n'est, bien entendu, pas question d'estimer les coefficients pour chaque individu. La stratégie consiste donc à spécifier la distribution de ces coefficients dans la population à l'aide d'un nombre limité de paramètres. On utilise alors, dans l'estimation, l'espérance de la probabilité de choix qui s'écrit, en notant f la densité jointe des coefficients et θ les paramètres de cette distribution :

$$E(P_i) = \iiint \dots \int \frac{e^{\beta \Delta x_i}}{1 + e^{\beta \Delta x_i}} f(\beta, \theta) d\theta$$

Un modèle estimé sur la base de cette probabilité est appelé logit mixte ou logit à coefficients aléatoires. Il est bien plus riche d'enseignements que le logit simple car il permet, en plus des valeurs moyennes des coefficients, d'obtenir leur écart-type et leur corrélation.

Il n'existe pas d'expression explicite pour cette intégrale multiple. Elle doit être approximée de manière numérique. L'approche retenue est la simulation : pour des valeurs données des paramètres de la distribution θ_o , on tire n valeurs des coefficients aléatoires β^t . Pour chaque vecteur tiré au hasard, on calcule la probabilité correspondante :

$$P_i^t = P(\Delta x_i, \beta^t) = \frac{e^{\beta^t \Delta x_i}}{1 + e^{\beta^t \Delta x_i}}$$

L'espérance précédente est alors estimée par la moyenne arithmétique de ces probabilités :

$$\bar{P}_i = \frac{\sum_{t=1}^n P_i^t}{n}$$

Les individus étant interrogés trois fois, notre échantillon présente une dimension de panel qui peut être prise en compte. En effet, les trois réponses aux trois questions d'un individu donné correspondent à trois observations des mêmes paramètres inconnus β . Dans ce cas, c'est la probabilité jointe associée aux trois questions qui doit être introduite dans la vraisemblance.

Les coefficients obtenus dans l'estimation correspondent à l'utilité marginale des différents attributs. Ils ne sont donc pas directement interprétables. Si on considère, par exemple, le pourcentage de réduction supplémentaire équivalent à un certain nombre de jours d'anticipation de réservation supplémentaires, on obtient :

$$\Delta U = \beta_{px} \Delta px + \beta_r \Delta r = 0$$

soit encore :

$$\frac{\Delta px}{\Delta r} = - \frac{\beta_r}{\beta_{px}}$$

L'importance de chaque attribut, exprimé en pourcentage de réduction équivalent, est obtenu en rapportant le coefficient associé à l'attribut considéré à celui associé au pourcentage de réduction. Comme il est d'usage dans ce type d'étude, la variable associée à la réduction est considérée comme fixe²⁹.

Plusieurs points supplémentaires doivent être précisés.

D'une part, les différentes observations ont été pondérées en fonction de leur poids dans la population, notre échantillon étant stratifié.

D'autre part, la modélisation reposant sur un différentiel d'utilité, l'estimation est, en général, réalisée sans constante. Nous sommes ici dans un cas un peu particulier dans la mesure où un des scénarios proposés correspond à une situation réelle, la CFN actuelle. Dans ce cas, une constante peut s'interpréter comme une préférence pour l'absence de réforme de la carte. C'est pourquoi nous en avons introduit une.

Par ailleurs, le signe des coefficients associé à l'anticipation de réservation et à la contrainte de voyager avec enfant doit clairement être non-positif. Nous avons fait le choix de retenir une spécification normale censurée pour les coefficients associés aux contraintes d'enfant et d'anticipation de réservation. Cette spécification peut être qualifiée de discrète-continue. Elle présente, en effet, une masse de probabilité en 0, puis une distribution continue pour les valeurs positives. D'un point de vue économique, elle signifie que, pour une part de la population, la valorisation de la contrainte est nulle. D'un point de vue pratique, elle présente l'avantage de pouvoir être utilisée aisément dans les simulations. En effet, il suffit de tirer des vecteurs de variables normales et de remplacer les valeurs positives par des 0. En particulier, des corrélations entre les coefficients peuvent être facilement introduites. En revanche, pour le différentiel pointe-creux, on peut imaginer que, pour certaines personnes, le coefficient est négatif (ces personnes étant obligées de voyager en pointe), alors que, pour d'autres, il peut être positif (ces personnes peuvent voyager en creux et

²⁹La distribution du rapport de deux variables aléatoires (normales par exemple) est difficile à analyser. En supposant que le coefficient associé au prix est fixe et que la distribution de celui associé à la réservation est normale, la distribution de la disposition à payer pour la réservation est elle aussi normale.

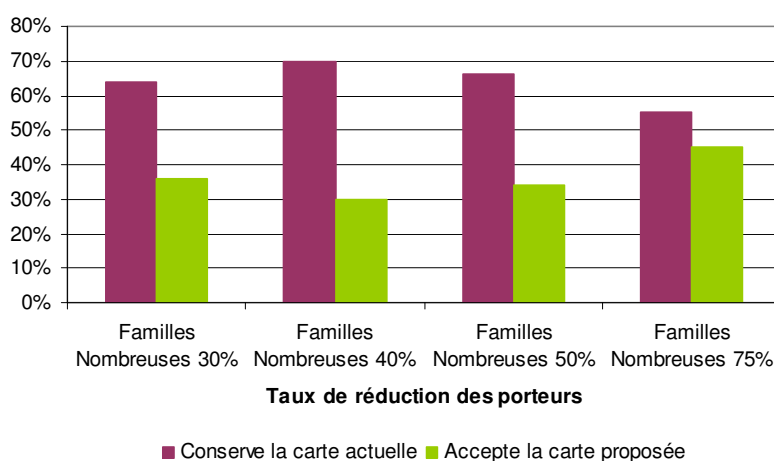
bénéficient alors d'une réduction plus importante). Nous avons par conséquent retenu une distribution normale pour ce coefficient.

4 - Enquête préférences déclarées - Analyse des résultats

Comme le montre la figure suivante, le *design* de notre EPD a rempli ses objectifs puisqu'il a été à l'origine d'arbitrages de la part des répondants. Tous n'ont en effet pas opté pour une carte plutôt qu'une autre. Les choix sont hétérogènes ; les enquêtés se sont donc prêtés sérieusement aux jeux de scénarios proposés.

Les porteurs les plus à même d'opter pour les CF proposées sont les bénéficiaires de 75% de réduction puis ceux disposant de 30% de réduction.

Figure 29 – Carte choisie par taux de réduction



Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

Pour expliquer ces choix, nous pouvons imaginer que les détenteurs d'une CFN 30% sont déjà coutumiers des contraintes de voyage puisque leur niveau de réduction actuel les incite à basculer vers les tarifs commerciaux qui offrent en moyenne 42% de réduction sur TGV. Les réponses à d'autres questions de notre enquête ont d'ailleurs confirmé cette hypothèse : ce sont principalement les bénéficiaires de 30% de réduction avec le tarif FN qui ont utilisé un tarif commercial lors de leur dernier voyage (Tableau 19 –). C'est aussi au sein de cette population que des membres du ménage possèdent le plus souvent une carte commerciale en plus de leur CFN (Tableau 20 –), bien que les proportions restent de faible ampleur.

Tableau 19 – Tarif utilisé lors du dernier voyage

	Familles Nombreuses 30%	Familles Nombreuses 40%	Familles Nombreuses 50%	Familles Nombreuses 75%
Carte Familles Nombreuses	89%	96%	94%	98%
Autre tarif	11%	4%	6%	2%

Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

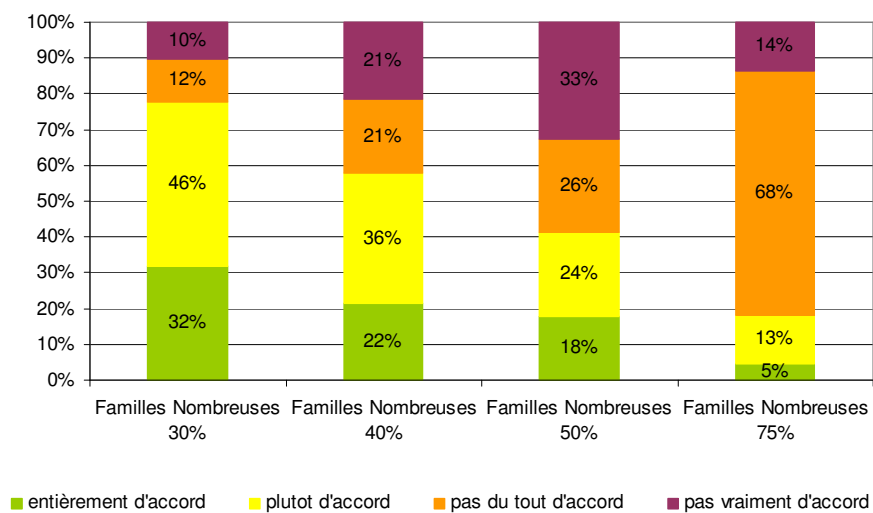
Tableau 20 – Possession d'une carte commerciale par les porteurs de CFN

	Familles Nombreuses 30%	Familles Nombreuses 40%	Familles Nombreuses 50%	Familles Nombreuses 75%
oui	17%	9%	7%	12%
non	83%	91%	93%	88%

Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

La figure suivante confirme une fois encore la concurrence qui existe avec les tarifs commerciaux pour les porteurs de CFN 30%.

Figure 30 – Le tarif FN est le plus avantageux



Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

Pour ce qui est des porteurs de CFN 75% de réduction, une des explications possibles de ces choix peut venir du fait que, compte tenu de la taille de leur foyer, ils sont habitués à prévoir et anticiper leurs voyages, qui sont à 97% réalisés pour motif « privé – loisirs ». Lorsqu'ils arbitrent entre deux CFN, ils attribuent sans doute plus d'importance à la réduction supplémentaire offerte qu'aux nouvelles contraintes imposées.

Dans un premier temps, afin de s'assurer de la pertinence des estimations et pour définir plus précisément la spécification de la fonction d'utilité nous avons réalisé des estimations par Logit. Nous nous sommes ainsi concentrés sur les différences de perception et de valorisation des attributs par segment de population, selon le niveau de réduction des porteurs.

Sur la base de ces premières estimations, nous réalisons l'estimation finale en vue des prévisions que nous souhaitons effectuer. Pour cela nous utilisons un Logit mixte intégrant la dimension de panel. Les résultats de l'estimation par Logit mixte sont présentés dans le tableau suivant. La modélisation a été réalisée en utilisant 500 tirages et des nombres de Halton.

Tableau 21 – Résultats de l'estimation du Logit mixte

	Estimate	Std. Error	t-value	Pr(> t)
Altnon	-0,861	0,221	-3,892	0,000
px	0,217	0,024	8,982	0,000
pc	0,008	0,016	0,469	0,639
r	0,099	0,025	3,939	0,000
e	5,320	1,308	4,068	0,000
pc.pc	0,114	0,031	3,704	0,000
pc.r	0,094	0,050	1,860	0,063
pc.e	0,174	0,785	0,221	0,825
r.r	0,112	0,047	2,398	0,016
r.e	6,264	2,525	2,481	0,013
e.e	3,654	1,909	1,914	0,056

Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

Le premier coefficient correspond à la constante dans le différentiel d'utilité. Le fait qu'elle soit négative traduit une forme de « conservatisme ». Cela signifie que, toutes choses égales par ailleurs, les personnes indiquent plutôt une préférence pour la carte actuelle.

La paramètre suivant, px , est le coefficient (constant) associé à la réduction. Il est significativement positif. Les trois coefficients suivants sont les valeurs des paramètres de moyenne de la loi normale sous-jacente aux trois coefficients aléatoires.

Les coefficients associés aux variables de contrainte d'enfant et d'anticipation de réservation sont significativement positifs (en référence au t-value).

En revanche, ce n'est pas le cas pour l'attribut pointe-creux. Cela signifie qu'on ne rejette pas l'hypothèse que la valorisation moyenne de cette contrainte soit nulle. Toutefois, cet attribut est pris en considération lorsque les personnes interrogées choisissent entre les deux cartes proposées car il est corrélé avec les autres attributs, comme le montre la matrice des corrélations (Tableau 22 -).

Les six coefficients suivants sont des éléments constitutifs de la matrice de variance-covariance V des coefficients aléatoires. Plus précisément, ils constituent les paramètres de la décomposition de Cholesky de cette matrice, c'est-à-dire une matrice triangulaire inférieure C telle que $CC' = V$.

L'hypothèse de constance des paramètres correspond à l'hypothèse que ces six coefficients sont nuls. Elle est ici clairement rejetée sur la base d'un test de Wald (valeur de 28,18, probabilité critique quasiment nulle). L'hypothèse de non-corrélation

des paramètres aléatoires correspond à la nullité des trois paramètres hors diagonale de la matrice de Cholesky. Elle est également rejetée au seuil de 5% (valeur de 10,1, probabilité critique de 1,8%).

L'espérance et la variance du coefficient normal censuré z de paramètres (μ, σ) , en

notant $\alpha = \frac{\mu}{\sigma}$ et $M(x) = \frac{\phi(x)}{\Phi(x)}$, vérifient :

$$E(z) = \mu\Phi(\alpha) + \sigma\phi(\alpha)$$

$$V(z) = \sigma^2\Phi(\alpha)(1 - M(\alpha)^2 - M(\alpha)\alpha + (\alpha + M(\alpha))^2(1 - \Phi(\alpha)))$$

La matrice de corrélation et le vecteur d'écart-type des trois coefficients aléatoires sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 22 – Matrice des corrélations des coefficients

	pc	r	e
pc	1,000	0,642	0,024
r	0,642	1,000	0,677
e	0,024	0,677	1,000

Nous constatons une forte corrélation positive entre les coefficients associés à l'anticipation de réservation et à la période de voyage³⁰ d'une part, et entre les coefficients associés aux contraintes de voyage avec enfant et d'anticipation de réservation d'autre part. En revanche, les coefficients associés aux contraintes de voyage avec enfant et de période de voyage ne semblent pas corrélés.

Les estimations réalisées à partir d'un Logit mixte, intégrant la dimension panel et prenant en compte les différents attributs de manière adaptée grâce à des distributions adéquates pour chaque coefficient (normale pour pc , discrète continue pour r et e), donnent des résultats logiques et pertinents. Le signe des coefficients obtenus est en adéquation avec nos attentes. Les coefficients sont aussi statistiquement représentatifs.

En opposant systématiquement la carte actuelle à une CF assortie de contraintes, nous avons pu mettre en évidence un fort attachement des porteurs à leur carte actuelle. Nous retrouvons ici la dimension symbolique d'un tarif considéré comme un acquis social fort, voire même comme une récompense. D'ailleurs, dans la première partie de notre questionnaire, les réactions des enquêtés face à certaines questions relatives à la perception de la CFN en témoignent. La moitié des personnes interrogées pense que la CFN constitue une récompense et 80% la considèrent indispensable pour voyager.

A partir des coefficients estimés, il est possible d'évaluer la valorisation monétaire de chacun des attributs par les porteurs. Puisque, dans le cadre de notre étude, ce sont des contraintes qui ont été imposées et non des avantages supplémentaires, cette valorisation correspond à la compensation moyenne que devrait verser la SNCF pour en favoriser l'acceptabilité.

³⁰ Cette corrélation est logique. En effet, plus il voyage en période de pointe (chargée), plus le voyageur doit anticiper la réservation de son voyage pour bénéficier de tarifs abordables, et inversement.

La distribution des coefficients aléatoires est donnée dans le tableau ci-dessous. Les deux premières lignes indiquent les paramètres des distributions normales sous-jacentes des coefficients aléatoires rapportés aux coefficients du prix. Il s'agit également, dans le cas du coefficient pointe-creux, de la moyenne et de l'écart-type de la distribution car la distribution suivie par ce coefficient est normale. Pour les deux autres coefficients, les moyennes et écart-type sont donnés dans les deux lignes suivantes. Enfin, la dernière ligne indique le pourcentage d'observations négatives pour pointe-creux et nulles pour les deux autres attributs.

Tableau 23 – Distribution des coefficients aléatoires

	pc	r	e
mu	0,040	0,460	24,540
sigma	0,520	0,670	33,470
moyenne	0,040	0,560	29,060
Ecart-type	0,520	0,530	27,010
pourc0	0,470	0,250	0,230

Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

La valorisation de l'obligation de voyage avec enfant est très élevée en moyenne (égale à 25% de réduction en plus) ; elle est nulle pour 23% de la population.

La valorisation de la contrainte d'anticipation de réservation est de 0,46% de réduction par jour de réservation exigée. Elle est nulle pour environ 25% de la population.

La valorisation moyenne de la contrainte de période de voyage n'est pas significative. Elle prend d'ailleurs la valeur 0 pour près de la moitié des personnes interrogées. L'attribut en tant que tel est néanmoins corrélé aux autres variables. Sa dispersion est significative et sa place dans le modèle n'est pas remise en cause. La contrainte de période de voyage entre bien dans les choix qu'effectuent les personnes interrogées.

Ces résultats mettent en évidence les enjeux pour les utilisateurs de la CFN et les marges de manœuvre qui s'offrent à la SNCF dans la perspective d'une évolution d'un de ses tarifs sociaux, le tarif FN. Dans cette optique, le principal levier est l'anticipation de réservation car, d'une part, l'effet réel d'une contrainte en terme d'heure de voyage aura des effets incertains (coefficient aléatoire corrélé mais non significatif) et, d'autre part, la contrainte de voyage avec enfant fera face à une vive réticence des porteurs.

D - La carte familles nombreuses : quelles évolutions possibles et acceptables ? Enjeux économiques pour la SNCF et place des porteurs au sein des réformes possibles, une base de réflexion pour l'Etat

Les dysfonctionnements que nous avons observés sur la CFN (érosion des trafics, détournement de l'objet social, cannibalisation des tarifs commerciaux) et un relatif immobilisme depuis les années 1920 conduisent à s'interroger sur les évolutions de la CFN.

Fondée sur les leviers à disposition de la SNCF, notre EPD a permis de déterminer les marges de manœuvre envisageables.

Sur la base des résultats de l'EPD, il nous est désormais possible de définir précisément des cartes efficaces et acceptables. Ces cartes sont, du point de vue de l'Etat et des usagers, celles qui rempliraient les conditions nécessaires à son acceptabilité politique et sociale. Du point de vue de la SNCF, ce sont celles qui garantiraient une création de recettes et se rapprocheraient des caractéristiques de la tarification commerciale.

Les estimations précédentes rendent compte qu'il serait difficilement envisageable d'introduire une carte imposant un voyage avec enfant. En effet, l'entreprise devrait accorder une réduction moyenne supplémentaire de 25%. Au-delà de l'impact financier que nous pouvons imaginer du fait de cette forte valorisation, ce résultat montre surtout que cette condition est inacceptable pour un grand nombre de porteurs. Une carte assortie de cette condition serait refusée par 55% des porteurs malgré l'attribution d'une réduction supplémentaire conséquente.

Les estimations montrent également que la contrainte de période de voyage est valorisée de manière très hétérogène par les porteurs (écart-type de 27,01).

Au vue des résultats, quatre types d'évolution nous semblent envisageables.

Une première CFN consisterait à imposer une contrainte d'anticipation de réservation. Les bénéficiaires du tarif FN ont tendance aujourd'hui à réserver leur place au dernier moment³¹ et sont alors prioritaires par rapport aux voyageurs utilisant des tarifs commerciaux contingentés. Ces places pourraient être vendues à des tarifs accordant des réductions moindres, voire au plein tarif à des voyageurs au consentement à payer bien supérieur. L'EPD a aussi montré qu'une telle contrainte serait acceptable pour les porteurs en contrepartie d'une réduction moyenne supplémentaire de 0,46 point par jour de réservation imposé. Cette première piste d'évolution ne pourrait être proposée que sur les TGV, l'anticipation d'achat du billet n'étant pas nécessaire sur les autres trains.

La deuxième carte testée serait à destination des seules familles de 4 enfants et plus. L'éviction des porteurs actuels de carte à 30% se justifie par la concurrence qui existe entre la CFN et les tarifs commerciaux. Etant donné que la tarification commerciale peut offrir une réduction équivalente, voire plus importante, que celle accordée par le

³¹ Une semaine avant le départ du train, un tiers des billets Familles Nombreuses ont été réservés, 42% des billets avec une carte 12-25 à 50% de réduction, la moitié des billets avec une carte Escapades à 30% et 70% des billets avec une carte Enfant + 50%.

tarif FN – rappelons que la réduction moyenne sur TGV est de 42%, la question de la légitimité d’une intervention de l’Etat pour les familles de 3 enfants se pose en effet. La troisième carte envisagée intégrerait un différentiel de réduction selon la période de voyage et aurait pour objet d’encourager le report des voyages FN de la période de pointe vers la période normale en subventionnant les voyages en période normale et en pénalisant les voyages effectués en période de pointe. Enfin, bien que la mise en place d’une condition de voyage avec enfant semble difficilement acceptable, nous en donnons tout de même les résultats.

1 - Evaluation des modifications possibles du tarif Familles Nombreuses - Aide à la réflexion à partir de calculs de variations de surplus financiers pour l’opérateur (Méthodologie)

Une fois les évolutions envisageables déterminées, un calcul de variation de surplus permet de comparer les coûts et gains qu’elles entraînent. Pour cela, nous exposons brièvement les fondements de notre démarche qui s’appuie sur le principe de la variation de surplus de l’opérateur exprimé en fonction de la variation des réductions accordées et du niveau des contraintes. Nos calculs englobant de nombreux éléments, nous dressons la liste des variables utilisées et leur codification puis détaillons la logique de raisonnement. Enfin, nous présentons les résultats empiriques de notre étude.

Le tableau suivant reprend la liste des variables et abréviations que nous avons retenues pour les calculs de surplus.

Figure 31 – Liste des variables et abréviations utilisées dans les calculs de surplus

Variables et abréviations	
PDM_{CF}	Part de marché CFN fictive, soit part de la population acceptant la nouvelle carte. Nous distinguons la part de marché pour chaque niveau de réduction des porteurs, que l’on note $PDM_{CF(30)}$, $PDM_{CF(40)}$, ...
$R_{TC(FN)}$	Recettes tarifs commerciaux des utilisateurs de la CFN refusant les CF proposées mais continuant à voyager en train avec un tarif commercial.
R_{TC}	Recettes tarifs commerciaux des utilisateurs non porteurs de CFN bénéficiant des places libérées par les FN renonçant définitivement à voyager après la mise en place de la CF
R_{CA}	Recettes CFN actuelle. Nous distinguons aussi les recettes pour chaque niveau de réduction des porteurs, que l’on note $R_{CA(30)}$, $R_{CA(40)}$, ...
R_{CF}	Recettes CFN fictive
$R_{CF(VI)}$	Recettes des voyages induits par les conditions proposées par la CFN fictive.
$R_{C(CA)}$	Recettes issues des compensations payées par l’Etat à la SNCF pour la carte actuelle.
$R_{C(CF)}$	Recettes issues des compensations payées par l’Etat à la SNCF pour la CF.
S_{CA}	Surplus financier généré par la carte actuelle.
S_{CF}	Surplus financier généré par la CF.

r	Nombre de jour(s) d'anticipation de réservation imposé(s)
J	Jour de départ
J_{-90}	Jour d'ouverture des ventes (90 jours avant le départ du train)
V_{CA}	Nombre de voyages réalisés avec la carte actuelle par les porteurs. Nous distinguons aussi le nombre de voyages réalisés pour chaque niveau de réduction des porteurs, que l'on notent $V_{CA(30)}$, $V_{CA(40)}$, ...
V_{CF}	Nombre de voyages réalisés avec la CF par les porteurs. Nous distinguons aussi le nombre de voyages réalisés pour chaque niveau de réduction des porteurs, que l'on notent $V_{CF(30)}$, $V_{CF(40)}$, ...
$V_{CF(I)}$	Nombre de voyages induits. Ils varient aussi selon le taux de réduction $V_{CF(I)(30)}$, $V_{CF(I)(40)}$, ...
PM_{PT}	Prix moyen plein tarif
$PM_{[.....]}$	Prix moyen payé dans un intervalle de temps. On distingue aussi les tarifs commerciaux $PM_{TC[.....]}$ des tarifs FN $PM_{(30)[.....]}$, $PM_{(40)[.....]}$, ...
PM_{FN}	Prix moyen tarif FN. Celui-ci varie selon le niveau de réduction $PM_{FN(30)}$, $PM_{FN(40)}$, ...
t_S	Taux de réduction supplémentaire offert.
t_b	Taux de réduction de base des détenteurs de CFN. Il existe 4 taux de base : $t_{b(30)}$, $t_{b(40)}$, $t_{b(50)}$, $t_{b(75)}$.
C_t	Coût de la mise en place d'un taux de réduction supplémentaire offert
T_C	Taux de compensation versé par l'Etat pour chaque voyage famille nombreuse réalisé. Ce taux varie selon le niveau de réduction des porteurs, que l'on notent $T_{C(30)}$, $T_{C(40)}$, ...

Source : Réalisé par l'auteur

Pour observer les effets de la mise en place des nouvelles CFN définies sur la rentabilité financière du tarif FN pour la SNCF, nous avons besoin des informations suivantes : **(a)** les détails statistiques concernant les porteurs de CFN (recettes, voyages, prix moyen payé, etc.), **(b)** les mêmes renseignements pour les bénéficiaires de tarifs commerciaux, **(c)** le consentement à accepter de nouvelles contraintes de voyage de la population de porteurs déclarés et **(d)** le montant de compensation versé par l'Etat.

Les deux premiers types de données nous sont fournis à partir des données de trafic SNCF (extractions de la base de données ARISTOTE). Nous disposons de ces données avec le détail tarif par tarif sur l'ensemble du réseau SNCF et sur TGV, avec le détail par origine/ destination TGV les plus fréquentées. Les données utilisées figure en Annexe 5. Pour ce qui est du troisième type de données, elles proviennent des estimations des coefficients et des parts de marché issues de l'EPD.

Précisons que tous nos calculs reposent sur des données de trafic SNCF et TGV pour l'année 2008 et pour la journée du 4 novembre 2008 (pour ce qui concerne les estimations relatives à la mise en place d'une contrainte d'anticipation de réservation des voyages). Afin de calculer la variation de surplus financier pour la SNCF pour chaque nouvelle CF considérée, il nous faut calculer la différence entre les revenus produits par une CF et ceux générés par la CFN actuelle.

1.1 - Surplus associé à la carte actuelle

Les bénéfices de la carte actuelle se composent des recettes des ventes (R_{CA}) et du montant de compensation versé par l'Etat à la SNCF ($R_{C(CA)}$) pour la fourniture des tarifs sociaux. Nous connaissons les recettes FN pour chaque niveau de réduction ($R_{CA(30)}$, $R_{CA(40)}$, $R_{CA(50)}$, $R_{CA(75)}$) et nous calculons les recettes de compensation à partir du nombre de voyages réalisés ($V_{CA(30)}$, $V_{CA(40)}$, $V_{CA(50)}$, $V_{CA(75)}$) et des taux de compensation correspondant ($T_{C(30)}$, $T_{C(40)}$, $T_{C(50)}$, $T_{C(75)}$) pour les porteurs de CFN bénéficiant de 30%, 40%, 50% et 75% de réduction. Le surplus S_{CA} est donné par la formule suivante :

$$S_{CA} = R_{CA} + R_{C(CA)}$$

$$= (R_{CA(30)} + R_{CA(40)} + R_{CA(50)} + R_{CA(75)}) + (V_{CA(30)} \cdot T_{C(30)} + V_{CA(40)} \cdot T_{C(40)} + V_{CA(50)} \cdot T_{C(50)} + V_{CA(75)} \cdot T_{C(75)})$$

1.2 - Surplus associé à la carte fictive

Les bénéfices des CF, dont nous simulons la mise sur le marché, sont plus complexes à évaluer car la mise en circulation d'une nouvelle carte a plusieurs conséquences. D'un côté, une part des porteurs va continuer à voyager sous les nouvelles conditions imposées. De l'autre, d'autres vont refuser la CF. Le taux de pénétration des CF varie selon la réduction supplémentaire offerte et l'intensité des contraintes imposées. Parmi les porteurs refusant la nouvelle carte, une part ne voyagera plus du tout, libérant des places pour d'autres voyageurs potentiels, et une part se reportera sur un tarif commercial. Grâce à la première partie de notre enquête, nous disposons d'informations sur le comportement des porteurs de CFN s'ils ne disposaient plus de leurs conditions préférentielles avec leur CFN. Pour chaque niveau de réduction, nous connaissons donc la part des porteurs qui, sans CFN, (a) ne voyagerait pas, (b) voyagerait en voiture ou avec un autre mode, (c) voyagerait encore en train.

Tableau 24 – Comportement de voyage des porteurs de CFN s'ils ne possédaient pas de CFN

Q30. Qu'auriez-vous fait si vous n'aviez pas eu votre carte Familles Nombreuses ?	Niveau de réduction Familles Nombreuses			
	Familles Nombreuses 30%	Familles Nombreuses 40%	Familles Nombreuses 50%	Familles Nombreuses 75%
<i>Voyages supprimés</i>	21%	38%	52%	59%
"je n'aurais pas voyagé"	4%	15%	25%	23%
"j'aurais voyagé en voiture"	13%	22%	25%	30%
"j'aurais voyagé avec un autre mode"	3%	2%	2%	5%
<i>Voyages en train maintenus avec un autre tarif</i>				
"j'aurais voyagé en train"	79%	62%	48%	41%

*Parmi les répondants ayant déjà voyagé

Source : Enquête LET-SNCF, novembre-décembre 2006

A partir de ces informations, certes approximatives, nous en déduisons le volume de voyages et de recettes supprimés. Nous faisons l'hypothèse que les porteurs qui déclarent « j'aurais voyagé en train » utiliseront un tarif commercial quand ceux ayant

déclaré « j'aurais voyagé en voiture », « avec un autre mode » ou « je n'aurais pas voyagé » ne voyageront plus en train et libéreront leurs places. Ces places vacantes peuvent alors être occupées par des voyageurs utilisant des tarifs commerciaux.

Nous retenons ici deux cas de figure. Dans le premier cas, toutes les places libérées seront occupées par des voyageurs qui utiliseront des tarifs commerciaux. Nous considérons ainsi que le remplissage du train est fixe, c'est-à-dire identique à celui observé initialement. On retrouve ici une situation dans laquelle le train était plein et que la clientèle évincée saisit l'opportunité d'une place désormais à disposition. Dans le deuxième cas, les places libérées par les porteurs de CFN qui décident de ne plus voyager en train resteront vides. On retrouve cette fois une situation où le train est partiellement rempli par rapport au remplissage initial et où rien ne prêche à penser qu'une nouvelle clientèle émergera. Au cours de nos estimations, nous prendrons en compte et discuterons la sensibilité de nos résultats à ces deux cas de figure.

Nous devons aussi considérer le fait que la réduction supplémentaire accordée par une CF peut générer une induction de voyage auprès des porteurs acceptant les CF et auprès des porteurs éligibles mais ne disposant pas encore de CFN. Les hypothèses sur ce dernier cas étant délicates à énoncer, seule l'induction sur les porteurs existants est prise en compte sur la base d'une élasticité de la demande au prix sur TGV de -0,74 (**Sauvant, 2002**).

De la même manière, dans le cas où le train est plein, aucune induction ne sera possible. Nous intégrerons également cet élément.

Au final, le surplus généré par les CF se compose **(a)** des nouvelles recettes des ventes R_{CF} , **(b)** des recettes tarifs commerciaux des utilisateurs de la CFN refusant les CF proposées mais continuant à voyager en train avec un tarif commercial ($R_{TC(FN)}$), **(c)** des recettes tarifs commerciaux des utilisateurs non porteurs de CFN bénéficiant des places libérées par les FN renonçant à voyager après la mise en place d'une CF (R_{TC}) dans l'hypothèse où le taux de remplissage du train reste le même et où toutes les places libérées sont revendues, **(d)** des recettes supplémentaires générées par les voyages induits du fait d'un taux de réduction supplémentaire offert à l'ensemble des porteurs ($R_{CF(VI)}$), et **(e)** des compensations versées par l'Etat à la SNCF pour le CF proposée, ($R_{C(CF)}$), si l'Etat continue à la verser malgré le fait que la CF soit soumise à des conditions qui la rapproche des tarifs commerciaux et que cela constitue une marge de manœuvre intéressante pour la SNCF.

A l'ensemble de ces recettes doit être soustrait le coût, pour l'entreprise, de la réduction supplémentaire offerte à l'ensemble des porteurs voyageant avec les CF (C_i) **(f)**.

Le surplus de la CF est donc donné par :

$$S_{CF} = R_{CF} + R_{TC(FN)} + R_{TC} + R_{CF(VI)} + R_{C(CF)} - C_i$$

Nous détaillons ci-après, les différents éléments de composition du surplus de CF :

(a) Nous connaissons, le nombre de voyages actuellement réalisés avec la CFN. Avec les données de l'EPD, nous disposons de la part de marché des CF testées, PDM_{CF} ,

soit la part des porteurs de carte qui accepteront chaque nouvelle carte proposée. Nous en déduisons le nombre de voyages qui seraient réalisés si la CF était mise en place ($V_{CF(30)}, V_{CF(40)}, V_{CF(50)}, V_{CF(75)}$). Grâce au prix moyen payé avec la réduction FN (PM_{FN}), nous reconstituons le plein tarif pour appliquer ensuite la nouvelle réduction offerte qui se compose de la réduction de base ($t_{b(30)}, t_{b(40)}, t_{b(50)}, t_{b(75)}$) à laquelle est ajoutée la réduction supplémentaire offerte (t_s). Nous obtenons alors les recettes de la CF :

$$R_{CF} = (V_{CF(30)} \cdot PDM_{CF(30)} \cdot PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(30)} - t_s)) + (V_{CF(40)} \cdot PDM_{CF(40)} \cdot PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(40)} - t_s)) + (V_{CF(50)} \cdot PDM_{CF(50)} \cdot PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(50)} - t_s)) + (V_{CF(75)} \cdot PDM_{CF(75)} \cdot PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(75)} - t_s))s$$

(b) Les résultats de l'EPD nous fournissent la proportion de la population refusant la carte ($1 - PDM_{CF}$) de laquelle nous déduisons le nombre de voyages qui ne seront plus réalisés avec ce tarif social. Nous connaissons également la part des porteurs qui auraient voyagé en train même sans leur carte. En découle le nombre de voyages qui sera réalisé avec des tarifs commerciaux bien que ces usagers soient éligibles au TFN. Puisque la seule contrainte imposée par les CF correspond à un nombre de jours d'anticipation de réservation (r), les usagers refusant les CF sont ceux pour qui il est difficile d'adapter leurs pratiques. Ils réserveront donc entre le jour d'anticipation imposé (r) et le jour du départ (J). Nous connaissons le prix moyen d'un billet tarif commercial entre r et J ($PM_{TC[r;J]}$). Ce prix moyen regroupe l'ensemble de la gamme tarifaire commerciale SNCF³². Nous pouvons ainsi calculer les recettes issues du report du tarif social vers les tarifs commerciaux :

$$R_{TC(FN)} = [0,16 \cdot V_{CF(30)} \cdot (1 - PDM_{CF(30)}) + 0,35 \cdot V_{CF(40)} \cdot (1 - PDM_{CF(40)}) + 0,47 \cdot V_{CF(50)} \cdot (1 - PDM_{CF(50)}) + 0,53 \cdot V_{CF(75)} \cdot (1 - PDM_{CF(50)})] \cdot PM_{TC[J-90;J]}$$

Cela repose néanmoins sur une hypothèse forte de transitivité que nous faisons par simplification. Rien ne garanti en effet qu'un individu préférant la nouvelle CFN qui lui est proposée, préfère un tarif commercial à son ancienne CFN.

(c) Selon la même logique que celle utilisée pour calculer $R_{TC(FN)}$, nous pouvons mesurer les recettes tarifs commerciaux des utilisateurs non porteurs de CFN bénéficiant des places libérées par les FN renonçant à utiliser le train après la mise en place de CF dans l'hypothèse où le taux de remplissage du train reste le même. Nous connaissons la part des voyages supprimés par les porteurs refusant la carte. Ces places profiteront aux usagers utilisant les tarifs commerciaux. Nous connaissons aussi le prix moyen d'un billet avec tarif commercial entre l'ouverture des ventes (J_{-90}) et le jour de départ (J). Les recettes sont les suivantes :

$$R_{TC} = [0,68 \cdot V_{CF(30)} \cdot (1 - PDM_{CF(30)}) + 0,58 \cdot V_{CF(40)} \cdot (1 - PDM_{CF(40)}) + 0,45 \cdot V_{CF(50)} \cdot (1 - PDM_{CF(50)}) + 0,4 \cdot V_{CF(75)} \cdot (1 - PDM_{CF(50)})] \cdot PM_{TC[r;J]}$$

³² Ce prix moyen comprend le plein tarif. Nous avons enlevé les tarifs pour les cheminots, pour le personnel politique et les différents ministères, les autres tarifs sociaux et les abonnements Forfait. Le détail des données figure en Annexe 5.

(d) Pour chaque CF, en contrepartie de la contrainte imposée (anticipation de réservation du voyage, décalage de période), sur la base des résultats de l'EPD, une réduction supplémentaire est offerte. Cette réduction supplémentaire peut générer des voyages supplémentaires. A partir d'une élasticité de la demande au prix de -0,74 (Sauvant, 2002) et en calculant la variation de prix, nous pouvons en déduire l'induction de trafic et les recettes $R_{CF(VI)}$ produites par la réduction supplémentaire offerte :

$$\begin{aligned} R_{CF(VI)} &= V_{CF(I)(30)} \cdot (PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(30)} - t_S)) + \dots + \dots + V_{CF(I)(75)} \cdot (PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(75)} - t_S)) \\ &= \left[\left(\frac{PM_{FN(30)} - PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(30)} - t_S)}{PM_{FN(30)}} \right) \cdot -0,7 \cdot V_{CF(30)} \cdot PDM_{CF(30)} \cdot (PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(30)} - t_S)) \right] + \dots + \dots + \left[\left(\frac{PM_{FN(75)} - PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(75)} - t_S)}{PM_{FN(75)}} \right) \cdot -0,7 \cdot V_{CF(75)} \cdot PDM_{CF(75)} \cdot (PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(75)} - t_S)) \right] \end{aligned}$$

(e) Un autre élément à prendre en considération est la variation des compensations perçues par la SNCF suite aux modifications de trafic avec le tarif FN. Les recettes de compensations des CF, $R_{C(CF)}$, sont calculées à partir du taux de compensation par voyage pour chacun des niveaux de réduction (Annexe 5) et du volume de voyages réalisés par les porteurs de CF :

$$R_{C(CF)} = (V_{CF(I)(30)} + V_{CF(30)} \cdot PDM_{CF(30)}) \cdot T_{C(30)} + \dots + \dots + (V_{CF(I)(75)} + V_{CF(75)} \cdot PDM_{CF(75)})$$

(f) Enfin, la dernière étape consiste à déduire le coût de la réduction supplémentaire offerte à l'ensemble des porteurs (C_i). Cela correspond, pour l'ensemble des voyages réalisés avec une CF, à la différence entre le prix qu'ils auraient payé s'ils avaient réservé comme imposé par la CF, entre J_{-90} et r et le prix, réduction supplémentaire incluse, dont ils bénéficient désormais en réservant entre J_{-90} et r .

$$C_i = \left[(V_{CF(30)} \cdot PDM_{CF(30)}) \cdot (PM_{[J_{-90};r](30)} - (PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(30)} - t_S))) \right] + \dots + \dots + \left[(V_{CF(75)} \cdot PDM_{CF(75)}) \cdot (PM_{[J_{-90};r](75)} - (PM_{PT} \cdot (1 - t_{b(75)} - t_S))) \right]$$

Une fois déterminés tous ces éléments, nous pouvons calculer numériquement la variation de surplus entre les deux cartes et ainsi évaluer l'intérêt pour la SNCF à soutenir de telles évolutions. La variation de surplus est donnée par :

$$\Delta S = S_{CF} - S_{CA}$$

2 - Evaluation des modifications possibles du tarif Familles Nombreuses - Aide à la réflexion à partir de calculs de variations de surplus financiers pour l'opérateur

Comme précisé précédemment, nous envisageons des évolutions qui modifient les conditions d'utilisation de la CFN dans quatre directions. La première joue sur l'anticipation de réservation du billet ; la seconde sur les conditions d'éligibilité à ce tarif ; la troisième sur le décalage du voyage de la période de pointe vers la période normale et la quatrième qui impose un condition de voyage avec enfant.

Les évolutions proposées portent exclusivement sur les trains à réservation obligatoire pour deux raisons : d'une part, plus de 90% du trafic FN est réalisé sur ce type de train ; d'autre part, techniquement, les mesures définies intégrant la contrainte d'anticipation ne peuvent pas être déclinées sur les autres types de train.

2.1 - Evolution 1 : Un tarif Familles Nombreuses incluant une contrainte de réservation

Présentation de la carte proposée

La première carte proposée consiste à imposer une contrainte d'anticipation de réservation aux porteurs de CFN. La SNCF appelle cela l'*Anticipated Purchase Excursion* (APEX)³³. En contrepartie de cette contrainte, une réduction supplémentaire est offerte. En fonction du niveau de la contrainte imposée, le taux d'acceptabilité, ou encore la part de marché, varie. D'un point de vue commercial, cette proposition permet d'éliminer une partie des voyageurs qui détournent la carte à des fins professionnelles. En effet, ceux-ci sont réputés moins anticiper leurs déplacements.

Dans l'évaluation des effets financiers pour la SNCF d'une CFN avec contrainte d'anticipation de réservation, nous distinguons trois situations.

Nous pouvons supposer d'abord que le taux de remplissage du train est constant. Cela signifie que tous les voyages qui étaient auparavant effectués au tarif FN sont toujours réalisés, soit avec la CFN fictive proposée, soit avec un tarif commercial par ceux qui refusent la carte mais qui continuent à voyager en train, soit par des utilisateurs de tarifs commerciaux qui profitent des places libérées par les porteurs de CFN qui ne voyagent plus du tout. Comme nous l'avons évoqué, cela correspondrait plus particulièrement à une situation où le train est plein et où une clientèle évincée est demandeuse de nouveaux billets.

Une autre situation est ensuite celle dans laquelle toutes les places libérées par les FN qui refusent la carte proposée ne sont pas toutes revendues. Cela correspondrait à une situation où le train n'est pas plein et où aucune clientèle n'est demandeuse des billets libérés par les FN.

Nous considérons enfin une situation intermédiaire dans laquelle la SNCF réussit à revendre la moitié des places libérées.

Nous avons imposé entre 3 et 15 jours d'anticipation aux porteurs de carte avec des niveaux de réduction supplémentaire variables. La réduction supplémentaire accordée correspond, dans un premier temps, à celle issue de l'EPD (cartes 1 à 6). Dans un second temps, nous avons également testé des cartes offrant des réductions supérieures (cartes 7 à 15).

³³ Ce terme est emprunté au *yield* management. Il est utilisé pour qualifier un délai d'anticipation dans la réservation d'un voyage, bien que dans le jargon aérien, il soit plutôt utilisé pour la « nuit du samedi au dimanche passée sur place ».

Tableau 25 – Niveau de surplus selon le nombre de jours d’anticipation imposé et la réduction supplémentaire accordée

Nombre de jours d'anticipation	Réduction supplémentaire	Part de Marché carte fictive	Surplus avec appareil	Surplus avec appareil	Surplus avec appareil	
			tarifaire actuel (K€) <i>100% places libérées rachetées</i>	tarifaire actuel (K€) <i>50% places libérées rachetées</i>	tarifaire actuel (K€) <i>0% places libérées rachetées</i>	
Carte 1	3	1,5%	29%	3 675,0	-8 437,5	-20 550,0
Carte 2	6	3,0%	30%	3 622,5	-8 261,4	-20 145,3
Carte 3	8	4,0%	31%	2 651,1	-9 120,2	-20 891,6
Carte 4	10	5,0%	32%	1 549,6	-9 969,2	-21 488,1
Carte 5	13	6,5%	35%	-520,0	-11 692,5	-22 865,0
Carte 6	15	7,5%	36%	-1 669,1	-12 671,0	-23 672,9
Carte 7	3	5,0%	47%	-788,9	-9 861,3	-18 933,8
Carte 8	6	5,0%	39%	823,3	-9 561,0	-19 945,4
Carte 9	8	10,0%	58%	-8 865,0	-16 025,0	-23 185,1
Carte 10	10	10,0%	53%	-7 646,3	-15 615,0	-23 583,7
Carte 11	13	15,0%	65%	-18 999,9	-24 909,5	-30 819,0
Carte 12	15	15,0%	62%	-17 445,8	-24 012,1	-30 578,5
Carte 13	6	7,5%	52%	-4 135,4	-12 361,7	-20 588,0
Carte 14	10	12,5%	63%	-13 950,2	-20 209,4	-26 468,7
Carte 15	15	17,5%	69%	-24 276,4	-29 617,8	-34 959,3

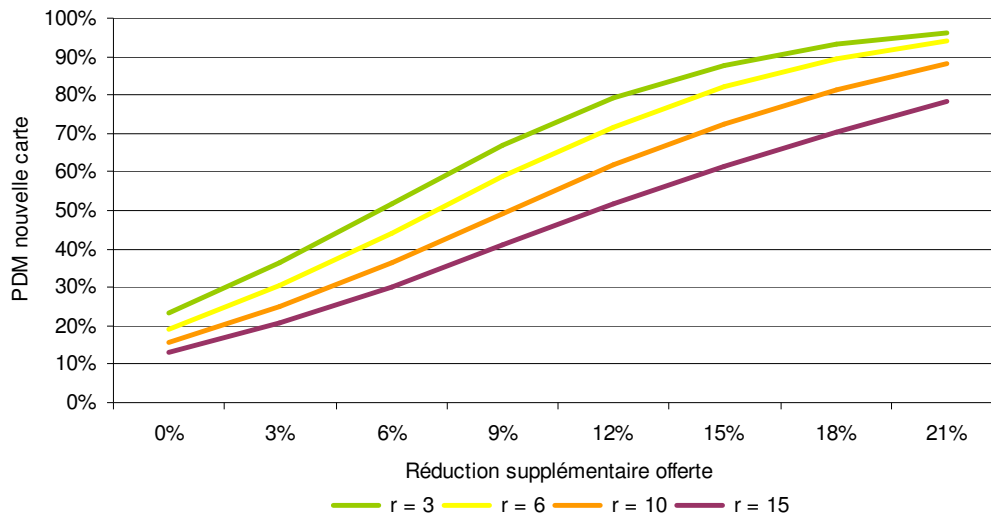
Les CF pour lesquelles le taux de réduction supplémentaire accordé est celui déterminé dans l’EPD génèrent plus souvent un gain (cartes 1 à 4). Ces gains correspondent au maximum à 3,5% des recettes FN TGV et 2,5% des recettes FN sur l’ensemble du réseau SNCF pour la carte 1. Ces gains représentent au minimum 0,1% des recettes SNCF sur TGV et 0,06% des recettes SNCF sur TGV.

Quel que soit le niveau de la contrainte imposée, plus le taux de réduction supplémentaire offert augmente, plus le taux d’adhésion des porteurs augmente. La figure 11 en témoigne. En revanche, le surplus se réduit d’autant car la réduction supplémentaire accordée a un coût pour la SNCF et concerne une part d’autant plus grande de porteurs. Pour la carte la plus généreuse en terme de réduction supplémentaire accordée (carte 15), les pertes de recettes peuvent représenter jusqu’à 23% des recettes FN TGV et 17% des recettes FN SNCF. Cela correspond en revanche à seulement 0,7% des recettes SNCF TGV et 0,4% des recettes SNCF globales.

Ainsi, la réduction supplémentaire offerte a un double effet ; quand elle augmente d’un point :

- le surplus diminue de 27% à 42% selon le pourcentage global de réduction supplémentaire proposé ;
- la part de marché augmente dans les mêmes proportions.

Figure 32 – Taux d’adhésion en fonction du nombre de jours d’anticipation de réservation imposés et du taux de réduction supplémentaire offert



A hypothèses constantes d’éviction, de report sur les tarifs commerciaux et d’induction, la carte qui remporte le meilleur taux d’adhésion est celle qui accorde le taux de réduction supplémentaire le plus important (carte 15). Toutefois, cette carte génère une perte de 24,3 millions d’euros pour l’entreprise. La carte qui crée le surplus le plus important pour l’entreprise est la carte 1 : cette CF n’accorde un taux de réduction supplémentaire que de faible importance et remporte un taux d’adhésion de seulement 29%.

Deux éléments, qui jouent simultanément, expliquent donc l’importance du surplus généré : d’une part, le faible coût pour l’entreprise de la réduction accordée ; d’autre part, le refus de la CF par un grand nombre de personnes qui vont se reporter sur les tarifs commerciaux dont le prix moyen est plus élevé. Ainsi, le gain vient essentiellement des porteurs évincés qui refusent de s’adapter et qui, soit utilisent des tarifs commerciaux, soit ne voyagent plus et libèrent des places qui sont revendues en intégralité à des personnes utilisant des tarifs commerciaux.

La rentabilité des cartes simulées est donc très sensible à la capacité de trouver une demande prête à racheter les places libérées par les porteurs de CFN. Logiquement, si ces places ne sont pas revendues, la SNCF voit le taux de remplissage du train se réduire et, par voie de conséquence, sa variation de surplus diminuer fortement. Même si le nombre de places FN vendues est de 3% en moyenne par train, cela représente un nombre non négligeable de places sur une année complète.

Nous avons ensuite fait varier le niveau des hypothèses de report, d’éviction et d’induction de trafic de plus ou moins 20% pour les cartes 3 à 6 (Tableau 26 –).

Tableau 26 – Variation des hypothèses de report de trafic, d'éviction et d'induction

	Valeur d'origine	A (+20%)	B (-20%)
HYPOTHESE 1 Voyages supprimés			
Familles Nombreuses 30%	21%	25%	17%
Familles Nombreuses 40%	38%	46%	30%
Familles Nombreuses 50%	52%	62%	42%
Familles Nombreuses 75%	59%	71%	47%
HYPOTHESE 2 Report vers les tarifs commerciaux			
Familles Nombreuses 30%	79%	75%	83%
Familles Nombreuses 40%	62%	54%	70%
Familles Nombreuses 50%	48%	38%	58%
Familles Nombreuses 75%	41%	29%	53%
HYPOTHESE 3 Induction			
<i>Carte 3</i>			
Familles Nombreuses 30%	3,6%	4,3%	2,8%
Familles Nombreuses 40%	5,4%	6,4%	4,3%
Familles Nombreuses 50%	4,1%	4,9%	3,3%
Familles Nombreuses 75%	8,1%	9,7%	6,5%
<i>Carte 4</i>			
Familles Nombreuses 30%	7,0%	8,4%	5,6%
Familles Nombreuses 40%	10,0%	12,0%	8,0%
Familles Nombreuses 50%	3,0%	3,6%	2,4%
Familles Nombreuses 75%	23,0%	27,6%	18,4%
<i>Carte 5</i>			
Familles Nombreuses 30%	10,0%	12,0%	8,0%
Familles Nombreuses 40%	12,0%	14,4%	9,6%
Familles Nombreuses 50%	3,0%	3,6%	2,4%
Familles Nombreuses 75%	23,0%	27,6%	18,4%
<i>Carte 6</i>			
Familles Nombreuses 30%	10,0%	12,0%	8,0%
Familles Nombreuses 40%	13,0%	15,6%	10,4%
Familles Nombreuses 50%	11,0%	13,2%	8,8%
Familles Nombreuses 75%	25,0%	30,0%	20,0%

Les résultats sont donnés dans le tableau qui suit. Les surplus avec la modification des hypothèses varient toujours dans le même sens que le surplus initial. Cela témoigne de la robustesse des hypothèses prises et de nos résultats.

Par exemple, pour la carte 3 proposée, en fonction des hypothèses retenues, le surplus sera compris entre 1006,6 (soit 0,9% des recettes FN TGV et 0,7% des recettes FN SNCF) et 3479,1 millions d'euros (soit 3,3% des recettes FN TGV et 2,4% des recettes FN).

Les cartes proposées génèrent donc un gain lorsque le taux de réduction attribué est conforme à celui déterminé dans l'EPD. Ce gain est toutefois problématique en terme d'acceptabilité politique et sociale car il repose sur l'éviction d'une grande part des porteurs de CFN. Cela représente de 21 à 59% de voyages supprimés selon le niveau de réduction du bénéficiaire, soit au total entre 20% (carte 1) et 9% (carte 15) des voyages FN sur TGV (respectivement 9 et 4% sur l'ensemble du réseau SNCF) et entre 0,6 et 0,3% du trafic SNCF TGV.

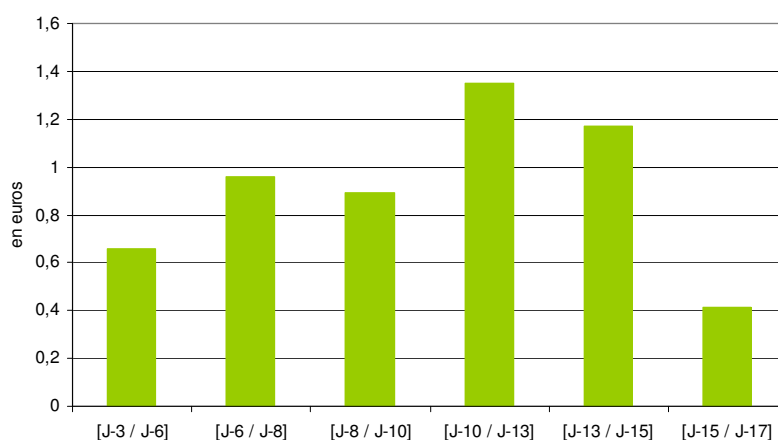
Tableau 27 – Résultats de la variation des hypothèses de report, d'éviction et d'induction

	Jour d'anticipation	Réduction supplémentaire	Part de Marché	Surplus avec appareil tarifaire actuel (K€)
Carte 3	8	4,0%	31%	2 651,1
Carte 3A H1	8	4,0%	31%	1 823,1
Carte 3B H1	8	4,0%	31%	3 479,1
Carte 3A H3	8	4,0%	31%	1 620,7
Carte 3B H3	8	4,0%	31%	1 006,6
Carte 4	10	5,0%	32%	1 549,6
Carte 4A H1	10	5,0%	32%	758,6
Carte 4B H1	10	5,0%	32%	2 340,6
Carte 4A H3	10	5,0%	32%	2 021,8
Carte 4B H3	10	5,0%	32%	808,4
Carte 5	13	6,5%	35%	-520,0
Carte 5A H1	13	6,5%	35%	-1 249,8
Carte 5B H1	13	6,5%	35%	209,8
Carte 5A H3	13	6,5%	35%	233,7
Carte 5B H3	13	6,5%	35%	-1 426,6
Carte 6	15	7,5%	36%	-1 669,1
Carte 6A H1	15	7,5%	36%	-2 360,1
Carte 6B H1	15	7,5%	36%	-978,1
Carte 6A H3	15	7,5%	36%	-711,3
Carte 6B H3	15	7,5%	36%	-2 513,8

Présentation de la carte avec gains potentiels

Au travers de sa tarification, nous avons estimé que la SNCF valorise chaque jour d'anticipation à hauteur de 0,68€ en moyenne par billet et par jour anticipé (Figure 33). Il existe donc forcément un avantage pour elle à inciter les porteurs à anticiper la réservation de leurs billets, avantage qui ne reposerait pas seulement sur l'éviction des porteurs actuels de CFN.

Figure 33 – Valorisation par la SNCF de l'anticipation d'achat des billets (€/jour)



Source : SNCF, Extraction ARISTOTE, base TGV

Si la SNCF parvenait à faire émerger ce surplus, les résultats seraient les suivants :

Tableau 28 – Estimation des surplus avec intégration de la valorisation de l’anticipation d’achat par la SNCF

	Nombre de jours d'anticipation	Réduction supplémentaire	Part de Marché carte fictive	Surplus potentiels (K€)	Surplus potentiels (K€)	Surplus potentiels (K€)
				100% places libérées rachetées	50% places libérées rachetées	0% places libérées rachetées
Carte 1	3	1,5%	29%	5 216,6	-6 895,9	-19 008,4
Carte 2	6	3,0%	30%	6 848,2	-5 035,8	-16 919,7
Carte 3	8	4,0%	31%	7 045,5	-4 725,8	-16 497,1
Carte 4	10	5,0%	32%	7 304,9	-4 214,0	-15 732,8
Carte 5	13	6,5%	35%	7 429,5	-3 743,0	-14 915,5
Carte 6	15	7,5%	36%	7 769,2	-3 232,7	-14 234,6
Carte 7	3	5,0%	47%	1 700,0	-7 372,4	-16 444,9
Carte 8	6	5,0%	39%	4 983,5	-5 400,8	-15 785,2
Carte 9	8	10,0%	58%	-638,9	-7 798,9	-14 959,0
Carte 10	10	10,0%	53%	1 796,4	-6 172,3	-14 141,0
Carte 11	13	15,0%	65%	-3 944,0	-9 853,6	-15 763,1
Carte 12	15	15,0%	62%	-1 096,9	-7 663,2	-14 229,6
Carte 13	6	7,5%	52%	1 369,7	-6 856,6	-15 082,9
Carte 14	10	12,5%	63%	-2 731,9	-8 991,2	-15 250,5
Carte 15	15	17,5%	69%	-6 019,1	-11 360,5	-16 702,0

Comme l’indique le tableau suivant, si la SNCF parvenait à développer un outil tarifaire qui permette de faire émerger la valeur effective de l’anticipation de réservation des voyages, le surplus augmenterait considérablement. Il deviendrait même, dans certains cas, positif (cartes 5, 6, 7, 10 et 13), à la condition que les places libérées par les FN ayant déclaré qu’elles abandonneraient le train soient toutes revendues. Cela pourrait représenter jusqu’à 7% des recettes FN TGV et 3% des recettes FN SNCF, ce qui reste toutefois négligeable dans les recettes TGV et les recettes globales SNCF (respectivement 0,23% et 0,13%).

Tableau 29 – Comparaison du surplus avec l’appareil tarifaire actuel et du surplus potentiel avec intégration de la valorisation de l’anticipation d’achat par la SNCF

	Surplus avec appareil tarifaire actuel (K€)	Surplus potentiels
Carte 1	3 675,04	5 216,64
Carte 2	3 622,50	6 848,16
Carte 3	2 651,10	7 045,54
Carte 4	1 549,59	7 304,89
Carte 5	-519,98	7 429,52
Carte 6	-1 669,06	7 769,23
Carte 7	-788,88	1 700,01
Carte 8	823,34	4 983,53
Carte 9	-8 865,00	-638,90
Carte 10	-7 646,34	1 796,38
Carte 11	-18 999,92	-3 944,01
Carte 12	-17 445,79	-1 096,89
Carte 13	-4 135,39	1 369,71
Carte 14	-13 950,15	-2 731,93
Carte 15	-24 276,39	-6 019,09

Pour que ce surplus potentiel émerge, la SNCF devrait adapter son outil tarifaire.

Bilan de la carte

La mise en place d'une telle mesure appelle plusieurs remarques.

Soulignons d'abord que la mesure proposée présente trois avantages. Elle est simple à comprendre pour le client. Elle est techniquement faisable et ne demanderait que quelques ajustements techniques que la SNCF est capable de mener.

De plus, dans certains cas, selon le type de carte retenu, elle permet de générer du surplus pour l'entreprise. Les résultats nous enseignent cependant qu'il ne faut pas offrir plus de réduction supplémentaire que ce que nous prédit l'EPD, au risque d'avoir un bilan très négatif des cartes proposées. Ainsi, plus que la contrainte imposée, c'est la réduction supplémentaire offerte qui influence l'adhésion des porteurs.

Enfin, en réorganisant le fonctionnement de l'appareil tarifaire, le gain potentiel augmenterait fortement. Ce surplus, s'il est bien exploité, pourrait participer à une politique sociale plus efficace en le redistribuant par exemple aux familles de quatre enfants et plus et en évinçant les familles de trois enfants qui peuvent trouver des tarifs plus attractifs dans la gamme commerciale³⁴.

Toutefois, mettre en place une telle évolution apparaît problématique sur plusieurs points.

D'abord, sa rentabilité financière, du point de vue de la SNCF, n'est avérée que sous certaines conditions hypothétiques, de report, de suppression et d'induction de trafic. Les hypothèses retenues pour évaluer le nombre de voyages supprimés reposent sur la question « *Vous avez utilisé la CFN, si vous ne l'aviez pas eu, qu'auriez vous fait ?* » (question 30), sans doute à l'origine d'un biais stratégique important. 21% des porteurs de CFN 30% ont par exemple déclaré qu'ils n'auraient pas voyagé alors que l'écart entre le prix moyen d'un billet au tarif commercial et d'un billet au tarif FN 30% n'est que de 3€. Si le taux d'éviction était moindre, en particulier pour les porteurs 30% qui représentent 79% des recettes FN, les bilans seraient beaucoup moins négatifs.

La rentabilité financière dépend donc grandement de la manière dont les porteurs adaptent leur mobilité à cette modification (continuent ils à voyager en train ?) et à l'émergence ou non d'une demande pour les places qui seraient libérées. Nous pouvons imaginer, au cas par cas, selon le taux de remplissage du train considéré, qu'une nouvelle demande émergera. Dans l'hypothèse où toutes les places libérées par les porteurs de CFN qui refusent la carte proposée et qui abandonnent le train, ne seraient pas revendues, la mesure proposée génère systématiquement une perte.

Ensuite, s'il existe des marges de manœuvre compte tenu du fonctionnement actuel de la tarification FN lorsque la contrainte d'anticipation de réservation n'est pas trop serrée et que les porteurs sont prêts à accepter certains changements, elles reposent sur l'éviction d'un grand nombre de porteurs actuels de CFN, ce qui n'est pas forcément acceptable d'un point de vue politique et social.

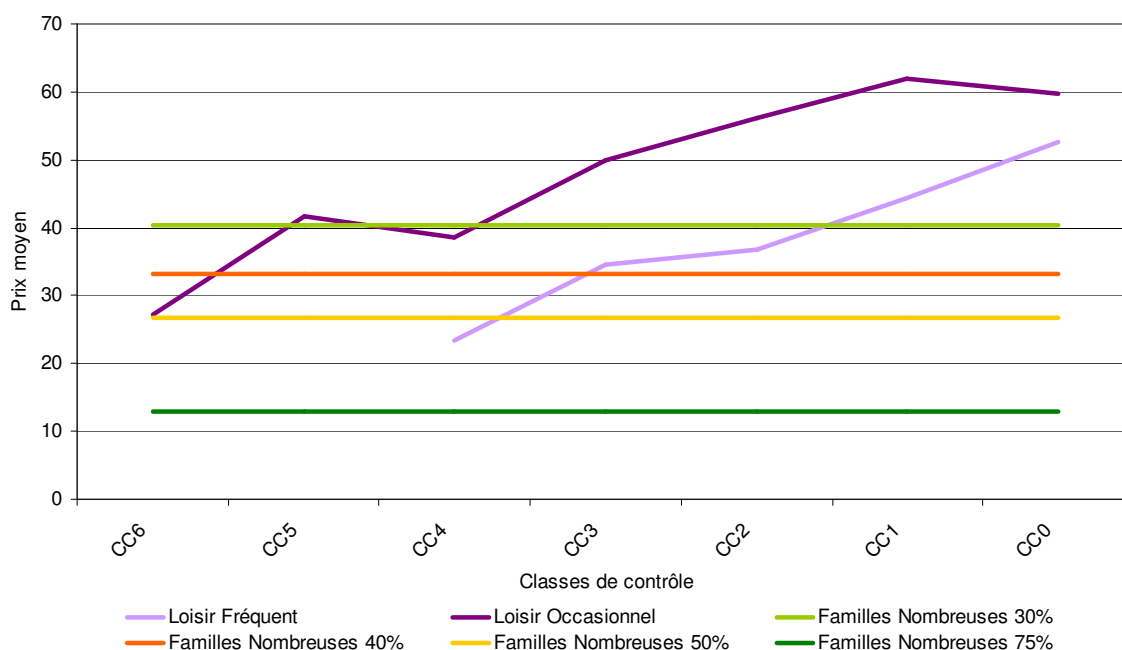
³⁴ Nous analysons cette possibilité d'évolution par la suite.

Une telle carte permettrait également à l'Etat de réduire l'enveloppe de ses compensations de 24 à 17 millions d'€. Mais une fois encore, cette économie de deniers publics ne reposerait que sur l'éviction d'un grand nombre de porteurs. Elle ne trouverait donc aucune justification politique ou sociale et ne reposerait pas sur l'amélioration de l'efficacité du dispositif

Enfin, bien que générant du surplus dans certains cas et permettant de limiter le détournement professionnel, cette évolution risque d'accentuer la concurrence qui existe déjà entre le tarif FN et les tarifs commerciaux. En effet, la mise en place d'une anticipation aurait pour effet de contracter le taux de réduction FN par rapport aux réductions commerciales. Ainsi, lorsqu'un porteur de CFN va réserver son billet, il se trouvera face à des tarifs commerciaux offrant des réductions attractives. Un arbitrage se fera entre le tarif FN et les tarifs disponibles à ce moment là. Cette concurrence sera d'autant plus forte que le délai d'anticipation est fixé tôt dans le temps. Si tel était le cas, il se peut que certaines des personnes interrogées ayant accepté la nouvelle carte proposée dans l'enquête ne l'utilisent finalement pas ou peu du fait que, dans certains cas, des tarifs commerciaux avec des réductions beaucoup plus attractives leur seront proposés. Le surplus pourrait ainsi être différent.

La figure suivante rend compte, dans le temps³⁵, de l'intérêt du tarif FN par rapport aux tarifs commerciaux pour les voyageurs se déplaçant pour motif loisir.

Figure 34 – Prix moyen payé selon le tarif utilisé et la classe de contrôle en 2008 sur TGV



Source : SNCF, Extraction ARISTOTE, base TGV
 rq : CC = Classe de Contrôle

³⁵ Toutes les classes de contrôle, dans lesquelles sont « rangés » les différents tarifs proposés par la SNCF selon le taux de réduction qu'ils proposent, sont ouvertes dès l'ouverture des ventes (3 mois avant le départ du train). En revanche, au fur et à mesure qu'on se rapproche du départ du train en fonction du temps et du remplissage du train, les classes de contrôle se ferment petit à petit.

Dans le système de *yield management* SNCF, les voyageurs Loisirs bénéficient de 40% de réduction en classe de contrôle³⁶ 4 et de 30% en classe de contrôle 3. Nous voyons bien que, lorsque des places sont encore disponibles dans ces classes de contrôle, le voyageur FN n'a pas intérêt à utiliser sa CFN 30%³⁷. Deux semaines avant le départ du train, il reste en moyenne encore 23% de places disponibles dans cette classe de contrôle³⁸. Cela signifie que le porteur de CFN a encore la possibilité d'arbitrer entre les tarifs commerciaux proposés dans cette classe de contrôle et sa CFN.

2.2 - Evolution 2 : Tarif Familles Nombreuses n'intégrant plus les familles de 3 enfants

Présentation de la carte proposée

Afin de recentrer le tarif FN sur un objet plus social, nous proposons de restreindre le bénéfice de la CFN aux familles ayant quatre enfants ou plus. Cette proposition aurait pour effet direct d'évincer les porteurs de carte actuels bénéficiant d'une réduction de 30% et qui constituent la majorité des bénéficiaires de la carte.

A première vue, une telle évolution peut sembler irréaliste tant les porteurs de CFN 30% représentent une part importante au sein de la population FN. En 2008, ils ont effectué 72% de l'ensemble des voyages réalisés par les porteurs de CFN et représentent à eux seuls 79% des recettes du tarif FN. Pourtant, cette éviction est justifiable.

Tout d'abord, la composition en terme de CSP de la population FN met en évidence parmi les porteurs de carte 30% une majorité de cadres et professions intellectuelles supérieures pour 6% d'ouvriers, tandis qu'au sein des porteurs de cartes 75%, nous avons 21% de cadres et 14% d'ouvriers (Figure 35).

Avec les deux figures suivantes, nous pouvons observer le comportement d'achat des FN et des voyageurs utilisant des tarifs commerciaux. Elles donnent la montée en charge des réservations et des recettes associées pour les différents niveaux du tarif FN et pour les tarifs commerciaux proposés par la SNCF³⁹.

Les familles de trois enfants détentrices d'une CFN (courbe vert clair) constituent une population de voyageurs plus proche des utilisateurs de tarifs commerciaux (courbe violette) que des autres utilisateurs du tarif social FN.

³⁶ Le terme « Classe de contrôle » fait partie du jargon SNCF et fait référence à des catégories de tarif selon la période d'achat du voyage.

³⁷ En 2ème classe, l'intérêt de la carte Familles Nombreuses se situe à partir de la classe de contrôle 2 qui offre en moyenne 20% de réduction en moyenne. En 1ère classe, l'effet serait encore plus fort du fait du surclassement et des tarifs qui sont utilisés. Le tarif Familles Nombreuses ne deviendrait intéressant, par rapport aux autres tarifs proposés par l'entreprise, que pour des personnes qui réservent très tard dans les classes de contrôle 1 ou 0.

³⁸ Source : SNCF, Direction Commerciale TGV, 2008

³⁹ Ces chiffres sont extraits de la base ARISTOTE. Elles regroupent les 24 OD TGV les plus fréquentées, soit un peu plus de 50% du trafic TGV et sont relatives à un voyage en date du 4 novembre 2008, journée de semaine assez neutre afin d'éviter les moments de pointe. Le détail relatif à ces données est présenté en Annexe 5.

Figure 35 – Répartition des différents taux de réduction par CSP du chef de famille

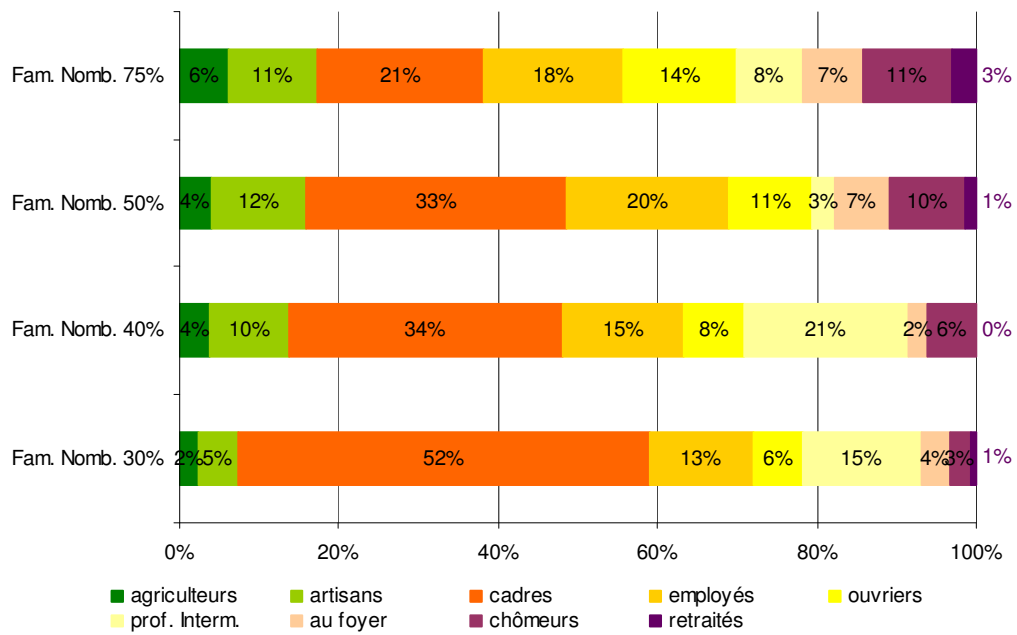
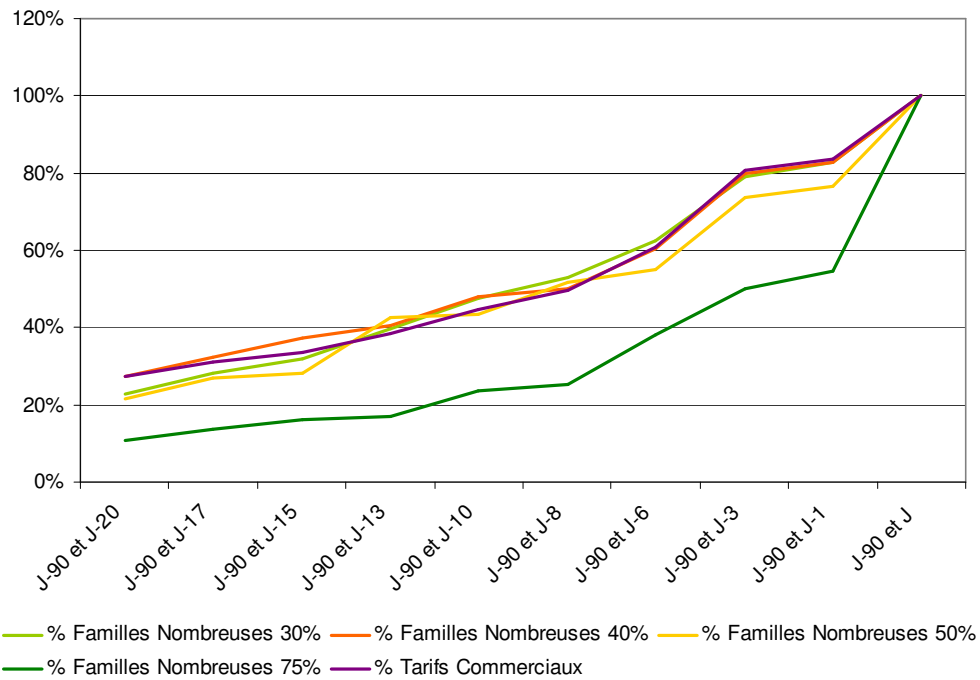
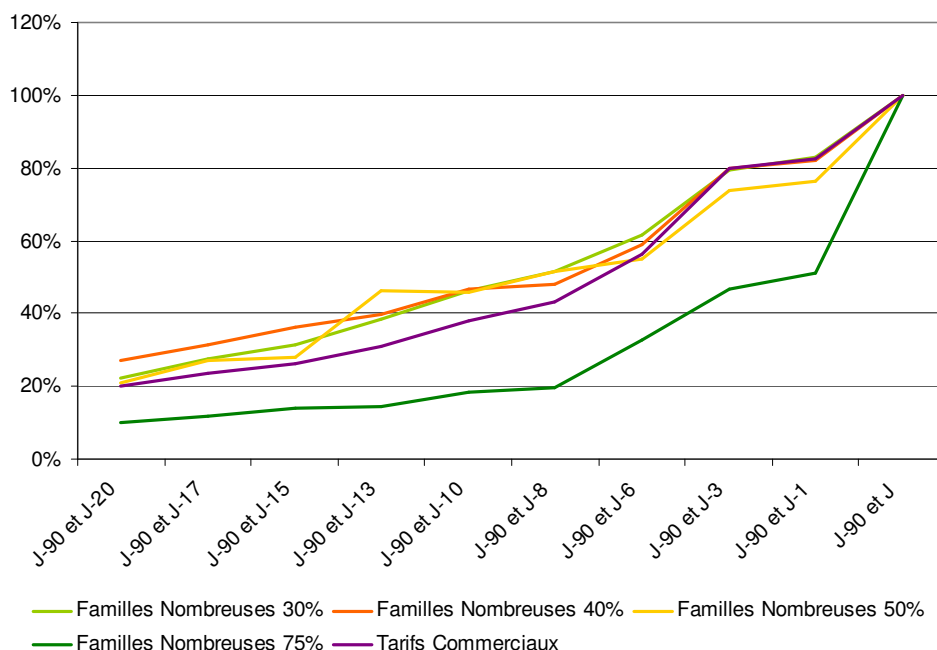


Figure 36 – Montée en charge des réservations cumulées pour une circulation le 4 novembre 2008



Source : SNCF, Extraction ARISTOTE, base TGV

Figure 37 – Montée en charge des recettes en euros cumulés pour une circulation le 4 novembre 2008



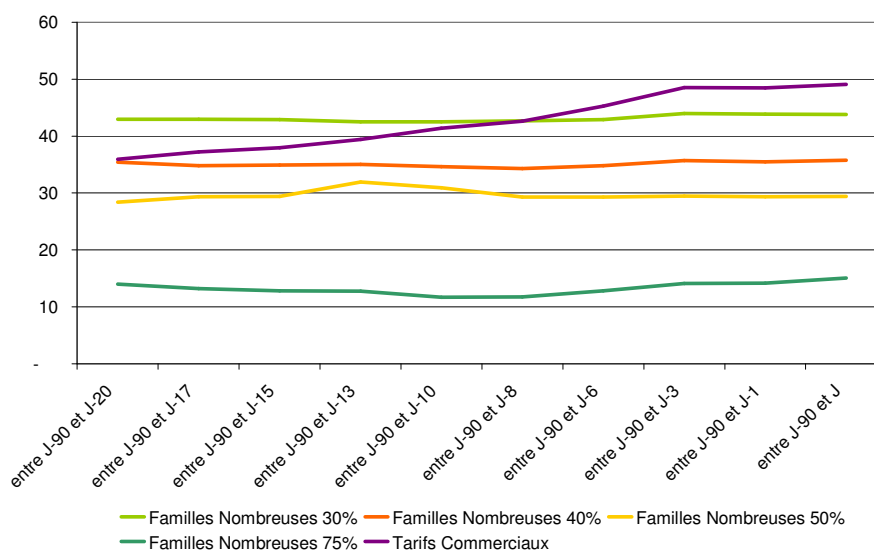
Source : SNCF, Extraction ARISTOTE, base TGV

En analysant la pente des courbes, nous remarquons que le comportement de réservation des porteurs de CFN 30% et, par corollaire, les recettes associées, sont plus proches de ce qu'on observe pour les tarifs commerciaux que pour les autres porteurs. Les phases de montée en charge ont des tendances similaires pour les utilisateurs de tarifs commerciaux, pour les porteurs de CFN 30% et, dans une moindre mesure, pour les porteurs de CFN 40%. La montée en charge est beaucoup plus linéaire pour les porteurs bénéficiant de 50% et de 75% de réduction,.

Enfin, lorsque nous observons le prix moyen payé selon le tarif utilisé et l'anticipation⁴⁰ (Figure 38), nous voyons clairement que le tarif FN 30% est en concurrence avec les tarifs commerciaux proposés par la SNCF. Entre le jour d'ouverture des réservations jusqu'à 8 jours avant le départ, il est plus intéressant pour ces porteurs de réserver un billet avec un tarif commercial plutôt qu'avec leur tarif FN. En moyenne, un porteur de CFN qui utilise sa carte en achetant un billet plus de 8 jours avant le départ rapporte plus à la SNCF que s'il avait utilisé un tarif commercial et ce d'autant plus que la SNCF perçoit en sus une compensation pour ce voyage. Précisons que la réduction moyenne offerte par le tarif FN est de 36% avant compensation, 16% après compensation, tandis que la réduction commerciale moyenne sur TGV est de 42%.

⁴⁰ Les données proviennent de la même extraction ARISTOTE. Nous renvoyons à la note de bas de page 28.

Figure 38 – Prix moyen payé selon le tarif utilisé et l’anticipation pour la journée du 4 novembre 2008



Source : SNCF, Extraction ARISTOTE, base TGV

Ainsi, les porteurs de CFN 30% pourraient bénéficier de conditions similaires, voire plus avantageuses, en faisant appel à des tarifs commerciaux, à condition d’anticiper leurs déplacements, pratique à laquelle ils sont déjà habitués. Finalement, les évincer du tarif FN ne serait guère différent que de leur imposer une condition d’anticipation de réservation de 8 jours.

Effets de la carte

En mettant en place une telle carte, les recettes FN se verraient réduites de 79%. Les voyages des porteurs 30% ne seraient plus compensés par l’Etat. Les compensations actuelles (à hauteur de 8,55€ par voyage pour les porteurs de carte 30%) seraient amputées de 65%. Cela réduirait fortement la place du tarif FN au sein de la tarification SNCF.

Les porteurs de CFN 30% refusant la carte proposée voyageraient désormais avec des tarifs commerciaux dont le prix moyen est de 47€ contre 44€ pour le tarif FN avec 30% de réduction.

Une part des porteurs ne voyagerait plus sans CFN. Selon les déclarations des porteurs 30% (question 30), 21% seraient dans ce cas. Nous pensons néanmoins qu’une part plus faible des voyages serait supprimée. D’après l’élasticité de la demande au prix sur TGV (de -0,7), et pour un prix moyen variant de 3€, le nombre de voyages effectués par les porteurs de carte 30% diminuerait de 5%. Finalement, pour trancher sur le comportement qu’adopteraient les porteurs s’ils ne bénéficiaient plus de leur tarif FN, il faudrait faire des simulations à partir de données individuelles plus précises que nous ne détenons pas.

Par ailleurs, selon que le train est plein ou non, une nouvelle demande émergera éventuellement pour s’approprier ces places libérées.

Bilan de la carte

Tableau 30 – Bilan du retrait des porteurs du tarif FN 30% selon un taux d'éviction variable

K€	Réaction des porteurs 30%			
	20% des voyages sont supprimés	15% des voyages sont supprimés	10% des voyages sont supprimés	5% des voyages sont supprimés
Recettes FN 30% perdues				-83 941
Compensations FN 30% perdues				-16 058
Nouvelles recettes TC (porteurs 30%)	70 613	75 027	79 440	83 853
Nouvelles recettes TC (autres porteurs 30%)				
100% places libérées rachetées	17 653	13 240	8 827	4 413
50% places libérées rachetées	8 827	6 620	4 413	2 207
Bilan (100% places libérées rachetées)				-11 733
Bilan (50% places libérées rachetées)	-20 559	-18 353	-16 146	-13 940
Bilan (0% places libérées rachetées)	-29 386	-24 973	-20 559	-16 146
Bilan hors perte compensations (100% des places libérées rachetées)				4 325
Bilan hors perte compensations (50% des places libérées rachetées)	-4 502	-2 295	-88	2 118
Bilan hors perte compensations (0% des places libérées rachetées)	-13 328	-8 915	-4 502	-88

Comme nous le voyons sur le Tableau 30 –, modifier les conditions d'accès au tarif FN en restreignant le critère d'éligibilité aux familles d'au moins 4 enfants conduirait, dans la majorité des cas, à une perte de surplus pour la SNCF, de 12 millions d'€ (soit 11% des recettes FN TGV, 8% des recettes FN SNCF et 0,3% des recettes SNCF et TGV globales) à près de 30 millions d'€ (soit 28% des recettes FN TGV, 20% des recettes FN SNCF et 0,5% et 0,9% des recettes SNCF et TGV globales) en fonction des hypothèses retenues.

Cette perte est d'autant plus importante qu'aucune demande n'émerge pour profiter des places libérées par les porteurs (0% de places libérées rachetées) qui supprimeraient leur déplacement ne bénéficiant plus de la CFN. De même, plus nombreux sont les porteurs de carte 30% à supprimer des voyages (jusqu'à 20% de voyages supprimés) et plus grande est la perte de surplus.

Les comportements actuels des porteurs 30% et l'élasticité constatée sur TGV laissent tout de même à penser que la part de ces porteurs devrait rapidement être comprise entre 0% et 5%. Les seuls voyageurs supprimant éventuellement des voyages devraient être ceux ne pouvant anticiper et ainsi bénéficier d'une réduction conséquente. Nous pouvons faire l'hypothèse que, parmi ceux-ci, il y aurait sans doute de nombreux voyageurs se déplaçant pour motif professionnel qui réservent généralement au dernier moment.

Il est intéressant de noter que le bilan hors compensation est rarement « catastrophique ». Il devient même positif ou proche de zéro si 5% des voyages seulement sont supprimés. Sous certaines conditions, la SNCF pourrait donc voir augmenter son surplus, l'Etat réduire de 65% l'enveloppe de ses compensations (soit 16 millions d'€ économisés) et les voyageurs pourraient, comme nous l'avons évoqué, bénéficier de réductions plus avantageuses à condition de réserver à l'avance et de consentir à une recherche de tarif plus laborieuse. Des approfondissements sont néanmoins nécessaires pour évaluer les variations de surplus réelles pour l'utilisateur, d'autant plus que la mise en place de cette carte sous entend l'éviction de plus de deux-tiers des porteurs de CFN.

2.3 - Evolution 3 : Un tarif Familles Nombreuses introduisant une condition de période de voyage

La carte proposée

La troisième proposition de modification de la CFN consiste à imposer aux porteurs de CFN une contrainte de période de voyage. Plus précisément, il s'agit d'introduire un « bonus » (une réduction supplémentaire) pour ceux qui voyagent en période normale et un « malus » (une perte de réduction) pour ceux qui voyagent en période de pointe. Ainsi, chaque fois qu'un porteur de CFN se déplace en période normale, il bénéficie d'une réduction supérieure à sa réduction de base et inversement lorsqu'il voyage en période de pointe.

Par exemple, un porteur de CFN 30% se verra attribuer, avec un différentiel pointe creux de 10% et une valorisation de cet attribut à hauteur de 0,1% de réduction supplémentaire par point de différentiel pointe-creux, une réduction de 41% s'il voyage en période normale et de 21% s'il voyage en période de pointe.

L'objectif de cette évolution est de limiter en douceur le détournement de la CFN par professionnels et de libérer des places lors des périodes de pointe pour les tarifs commerciaux plus contributifs en terme de prix.

Effets de la carte

Comme précédemment, les porteurs qui ne s'adaptent pas à cette contrainte refusent la carte. Parmi eux, une partie ne voyagera plus et une partie voyagera avec des tarifs commerciaux. Les places alors libérées sont revendues au prix commercial moyen en totalité ou en partie, ou bien restent inutilisées. Nous retrouvons ici la question relative à l'émergence ou non d'une nouvelle demande pour ces billets.

Pour ceux qui acceptent la CFN proposée, nous distinguons deux cas. Dans le premier cas, la répartition des voyageurs entre la période de pointe et la période normale reste identique à celle observée actuellement, soit 50% en période de pointe et 50% en période normale. Dans le deuxième cas, sous l'effet incitatif de cette nouvelle carte, la moitié des personnes qui voyagent en période de pointe se décalent en période normale, soit 75% des personnes en période normale et 25% en période de pointe.

Pour évaluer l'effet de cette nouvelle carte sur le surplus de la SNCF, nous distinguons le prix payé en période de pointe du prix payé en période normale pour le tarif commercial moyen et pour le tarif FN.

Comme on le voit en Annexe 5, le tarif commercial moyen en 2008 est de 59,9€ en période de pointe et de 44,5€ en période normale

En ce qui concerne le tarif FN, nous avons reconstitué, à partir des recettes et des voyages en 2008, le prix moyen plein tarif d'un billet FN pour chaque niveau de réduction. Sur cette base, et en fonction de la réduction supplémentaire offerte par % de différentiel pointe / creux, nous appliquons la majoration et la minoration pour obtenir respectivement le prix moyen FN en période normale et en période de pointe.

Bilan de la carte

Si nous retenons la valorisation de l'attribut période de voyage mise en évidence avec l'EPD, les résultats en termes de surplus pour l'entreprise sont ceux donnés dans le tableau suivant.

Tableau 31 – Estimation des surplus avec les compensations par point de différentiel pointe / creux préconisées par les résultats de l'EPD

		Carte 1	Carte 2	Carte 3	Carte 4
Caractéristiques de la carte	<i>Différentiel pointe - creux</i>	5%	10%	15%	20%
	<i>Réduction supplémentaire</i>	0,2%	0,4%	0,6%	0,8%
	<i>Part de Marché</i>	31%	33%	36%	38%
Surplus avec répartition actuelle par période	<i>Surplus (K€)</i> <i>100% places libérées rachetées</i>	-3 684	2 405	8 607	14 619
	<i>Surplus (K€)</i> <i>50% places libérées rachetées</i>	-16 758	-10 289	-3 519	2 872
	<i>Surplus (K€)</i> <i>0% places libérées rachetées</i>	-29 831	-22 984	-15 645	-8 876
Surplus avec report de 50% des voyages de la période de pointe vers la période normale	<i>Surplus (K€)</i> <i>100% places libérées rachetées</i>	-2 086	3 695	9 640	15 566
	<i>Surplus (K€)</i> <i>50% places libérées rachetées</i>	-16 124	-9 936	-3 381	2 952
	<i>Surplus (K€)</i> <i>0% places libérées rachetées</i>	-30 162	-23 567	-16 402	-9 662

Plus la réduction supplémentaire offerte augmente, plus la part de marché et le surplus augmentent.

La mesure proposée engendre souvent des pertes, sauf pour les cartes 2, 3 et 4 dans le cas où nous posons l'hypothèse que l'ensemble des places libérées par les anciens porteurs de CFN qui ne voyagent plus est revendu à des voyageurs se déplaçant avec un tarif commercial.

La carte 4 est aussi source de surplus quand seule la moitié des places libérées est revendue.

Nous avons aussi simulé les effets de l'introduction d'une contrainte de voyage avec des réductions supplémentaires offertes plus importantes.

Tableau 32 – Estimation des surplus avec des compensations par point de différentiel pointe / creux supérieure à celle préconisées dans l'EPD

		Carte 1	Carte 2	Carte 3	Carte 4
Caractéristiques de la carte	<i>Différentiel pointe - creux</i>	5%	10%	15%	20%
	<i>Réduction supplémentaire</i>	2,0%	4,0%	6,0%	8,0%
	<i>Part de Marché</i>	39%	48%	55%	60%
Surplus avec répartition actuelle par période	<i>Surplus (K€)</i> <i>100% places libérées rachetées</i>	-4 192,6	1 622,1	7 421,5	13 111,0
	<i>Surplus (K€)</i> <i>50% places libérées rachetées</i>	-15 750,5	-8 230,5	-1 104,8	5 532,0
	<i>Surplus (K€)</i> <i>0% places libérées rachetées</i>	-27 308,4	-18 083,2	-9 631,1	-2 046,9
Surplus avec report de 50% des voyages de la période de pointe vers la période normale	<i>Surplus (K€)</i> <i>100% places libérées rachetées</i>	-2 490,4	3 170,1	9 015,8	14 982,9
	<i>Surplus (K€)</i> <i>50% places libérées rachetées</i>	-14 900,7	-7 409,2	-139,4	6 844,9
	<i>Surplus (K€)</i> <i>0% places libérées rachetées</i>	-27 311,1	-17 988,5	-9 294,5	-1 293,0

Ce sont les mêmes cartes qui sont génératrices de rentabilité supplémentaire pour la SNCF. L'accroissement de la réduction supplémentaire offerte contribue à l'accroissement du surplus généré et la part de marché augmente considérablement.

Contrairement à la mise en place de la contrainte d'anticipation pour laquelle plus le taux de réduction supplémentaire offert augmente, plus le surplus généré se réduit, dans le cas de l'introduction d'une contrainte de période de voyage, plus le taux de réduction supplémentaire offert augmente, plus le surplus augmente. Cela s'explique par le fait que la réduction supplémentaire accordée en bonus pour les personnes voyageant en période normale est compensée par le malus attribué aux personnes se déplaçant en période de pointe.

En imposant une contrainte de voyage sur la base d'un système de bonus – malus, ce sont les porteurs qui refusent de s'adapter (et donc de se décaler de la période de pointe vers la période normale), plus que ceux qui refusent la carte qui contribuent à augmenter la rentabilité financière du tarif FN. Le surplus augmente d'ailleurs en même temps que la part de marché de la CF. Contrairement à la carte imposant une contrainte de réservation simulée précédemment, les porteurs refusant de s'adapter au tarif bénéficient toujours, dans une moindre mesure, du tarif FN. D'un point de vue politique et social, cela renforce la crédibilité d'une telle évolution. Cependant les porteurs ne pouvant se plier à la contrainte sont lésés puisqu'ils doivent voyager en période de pointe.

Notons que lorsque les points de différentiel pointe-creux sont plus fortement valorisés, les porteurs de CFN voyageant en période de pointe sont moins lésés (cf. Tableau 33 –).

Tableau 33 – Bonus / malus offerts pour chaque catégorie de porteur selon la valorisation faite d'un point de différentiel pointe creux

		Porteur 30%		Porteur 40%		Porteur 50%		Porteur 75%	
		Bonus	Malus	Bonus	Malus	Bonus	Malus	Bonus	Malus
Avec Valorisation Epd	Carte 1	35,2%	25,2%	45,2%	35,2%	55,2%	45,2%	80,2%	70,2%
	Carte 2	40,4%	20,4%	50,4%	30,4%	60,4%	40,4%	85,4%	65,4%
	Carte 3	45,6%	15,6%	55,6%	25,6%	65,6%	35,6%	90,6%	60,6%
	Carte 4	50,8%	10,8%	60,8%	20,8%	70,8%	30,8%	95,8%	55,8%
Avec autre valorisation	Carte 1	37%	27%	47%	37%	57%	47%	82%	72%
	Carte 2	44%	24%	54%	34%	64%	44%	89%	69%
	Carte 3	51%	21%	61%	31%	71%	41%	96%	66%
	Carte 4	58%	18%	68%	28%	78%	38%	100%	63%

Cette nouvelle carte laisse donc entrevoir des effets potentiels conséquents et une génération de surplus dans certains cas.

Persiste néanmoins un doute sur un critère déterminant, la part des porteurs qui accepteront de modifier leurs habitudes, si besoin est, en décalant l'heure de leur voyage. Tous les voyageurs ne sont pas conscients de la notion de période normale et de période de pointe. Cet attribut n'était d'ailleurs que rarement significatif lors du traitement des données issues de l'EPD. Il faut donc être prudent avec les résultats de ces simulations.

En revanche, pour cette carte, la question de savoir si les places libérées par les porteurs qui voyagent désormais en période normale plutôt qu'en période de pointe sont achetées par d'autres voyageurs ne se pose qu'à moitié dans la mesure où les trains circulant en période de pointe sont majoritairement pleins.

De plus, parce que les porteurs sont sensibles aux réductions supplémentaires qui leur sont offertes, il faudrait offrir une compensation monétaire aux porteurs pour chaque % de différentiel pointe / creux supérieure à ce que préconisent les résultats de l'EPD.

Par ailleurs, une telle évolution renforcerait aussi la concurrence existante entre les tarifs sociaux et les tarifs commerciaux pour la majorité des porteurs acceptant la carte mais refusant de s'adapter qui voyageraient en période de pointe avec des réductions FN minorées.

2.4 - Evolution 4 : Un tarif Familles Nombreuses imposant de voyager avec au moins un enfant

La carte proposée

Dans le cadre d'une modification des conditions d'utilisation de la CFN, la dernière évolution considérée consiste à imposer aux porteurs de CFN une contrainte de voyage avec au moins un de leurs enfants. Ainsi, le porteur de CFN bénéficie d'une réduction s'il se déplace avec un enfant. Dans le cas contraire, plus aucune réduction ne lui est accordée.

L'objectif de cette évolution est de limiter le détournement de la CFN par les voyages professionnels. Si cette contrainte peut paraître radicale, elle permettrait également de recentrer l'objet social du tarif sur les voyages en famille. A première vue, les résultats de l'EPD montrent, compte tenu de la forte valorisation qu'en font les porteurs, que l'intégration de cette contrainte au tarif FN est impossible.

Comme précédemment, les personnes qui refusent de s'adapter à cette contrainte repoussent la carte proposée et adoptent alors deux types de comportement : une partie d'entre eux continue à voyager en train mais avec des tarifs commerciaux ; une autre partie ne voyage plus du tout. Les places alors libérées sont soit toutes revendues au prix commercial moyen, soit inutilisées.

La réduction supplémentaire à accorder aux porteurs de carte pour qu'ils acceptent cette contrainte est en moyenne de 25%. L'ampleur de cette valeur témoigne de la sensibilité des porteurs de carte actuels à la liberté de pouvoir voyager seuls ou accompagnés comme ils le souhaitent.

Bilan de la carte

Nous avons envisagé plusieurs niveaux de réduction supplémentaires proposés afin de déterminer à quel moment la part de marché est maximale, de même pour le surplus de l'entreprise (Tableau 34 –).

Tableau 34 – Estimation du surplus généré par la mise en place d’une contrainte de voyage avec enfant

	Réduction suppl.	Part de Marché	Surplus (K€)	Surplus (K€) hors TC
Carte 1	25%	46%	- 30 738	- 49 162
Carte 2	20%	40%	- 22 470	- 42 942
Carte 3	15%	33%	- 15 889	- 38 749
Carte 4	10%	26%	- 11 286	- 36 535
Carte 5	5%	17%	- 8 437	- 36 756
Carte 6	0%	8%	- 7 552	- 38 942

A hypothèses de report, d'éviction et d'induction de trafic constante, aucune des cartes envisagées ne génère de surplus. Celle qui crée le moins de perte est celle où aucune réduction n'est accordée en contrepartie de la contrainte imposée et pour laquelle la part de marché est très faible (carte 6). La perte représente entre 7 et 37% des recettes FN TGV selon que l'on suppose que les places libérées par les FN sont toutes revendues à un tarif commercial ou non. Cela représente entre 5 et 27% des recettes FN globales.

Comme attendu, une telle évolution de la CFN n'est pas envisageable, que ce soit d'un point de vue économique, politique ou social.

E - Conclusion

La mise en œuvre d'une EPD était le seul moyen d'évaluer concrètement la réaction des porteurs de CFN à des modifications des conditions d'utilisation de leur carte actuelle.

Sur la base des résultats obtenus à partir de cette enquête, des questions posées par ailleurs et des données de trafic issues de la base SNCF (ARISTOTE), nous avons pu évaluer les variations du surplus financier SNCF face à l'introduction de CFN modifiées. Nos évaluations ne délivrent toutefois pas de bilan socio-économique complet puisqu'elles ne tiennent pas compte des effets qu'aurait la mise en application des cartes simulées sur l'utilité des porteurs de CFN.

Néanmoins, en observant le niveau d'acceptabilité des diverses cartes à travers les parts de marché issues de l'EPD, les effets financiers en termes de prix moyen payé et les impacts en terme de mobilité en train pour les porteurs (voyages supprimés, induits, réalisés avec un tarif commercial), nous obtenons une information pertinente sur la crédibilité et l'impact des cartes que nous avons testées.

Du point de vue de l'institution publique, nous observons aussi les effets en terme de compensations versées.

Sur cette base, sans valider un choix entre les différentes mesures envisagées, nous pouvons explorer l'intérêt de diverses évolutions possibles pour soumettre certaines recommandations.

Parmi les trois contraintes que nous avons intégrées dans l'analyse, il apparaît clairement que la contrainte de voyage avec enfant n'est pas une évolution crédible. Une carte de ce type conduirait systématiquement à une perte comme le laissent déjà entendre les résultats de l'EPD (+25% de réduction supplémentaire pour accepter cette contrainte).

Pour les autres cartes que nous avons simulées, les résultats montrent qu'il existe des marges de manœuvre pour l'entreprise et pour la collectivité.

Pour la SNCF, peu de cartes testées permettent de générer de nouvelles recettes. Quel que soit le choix d'évolution (contrainte de réservation, de période de voyage, d'enfant ou éviction des porteurs 30%), la création de nouvelles recettes dépend de la capacité de la SNCF à faire émerger une nouvelle demande pour les places libérées par les porteurs de CFN limitant leur mobilité suite à des modifications de leur carte actuelle. Si cela semble logiquement possible en période de pointe, rien n'est moins sûr lorsque le train n'est pas totalement rempli dans les périodes plus creuses. Chaque déplacement d'un porteur FN qui serait supprimé et qui ne serait pas revendu a un effet négatif sur la variation de surplus de la SNCF. Ainsi, au regard des résultats financiers pour l'opérateur, il semble difficile d'imaginer que la SNCF soit porteuse d'un projet de réforme de la CFN. Elle perçoit aujourd'hui sur TGV des recettes d'environ 106 millions d'€ grâce aux voyages réalisées par la population FN auxquelles s'ajoutent 24 millions d'€ de compensations versées par l'Etat. Il s'agit donc d'une manne financière non négligeable. Une des seules évolutions envisageables à moindre risque financier pour la SNCF serait d'agir sur la seule population de porteurs de CFN 30% dont les réactions en terme de mobilité face à des modifications de leur carte n'est pas évidente puisque seuls 3 € séparent le tarif commercial moyen et le tarif moyen payé

par un porteur de CFN 30%. Le risque de perte sèche de voyages et de recettes pourrait donc être moindre au sein de cette population.

Du côté des porteurs de carte, ce tarif est bien ancré au sein de la population FN et de la société française. L'EPD, avec les coefficients liés à chaque attribut, montre en effet leur sensibilité à toute modification du tarif social dont ils bénéficient aujourd'hui et auquel ils sont fortement attachés.

Du point de vue de l'Etat, certaines évolutions envisagées permettraient de réduire la compensation versée à la SNCF pour le tarif FN du fait de la diminution du nombre de voyages. Elles permettraient aussi à l'Etat de mieux adapter l'outil de politique sociale que représente la CFN et de mieux redistribuer l'enveloppe financière aujourd'hui consacrée à ce tarif. Si une telle évolution avait lieu, ce serait à l'Etat d'en assumer le poids politique.

Par ailleurs, d'un point de vue redistributif, les cartes imposant une contrainte d'anticipation ou de période de voyage posent un réel problème dans la mesure où le surplus financier qu'elles génèrent provient des porteurs de CFN qui refusent la nouvelle carte proposée et sont ainsi évincés de ce tarif social. Nous avons vu que, si cela représentait une part importante des voyages FN, cela est plus négligeable parmi l'ensemble des voyages TGV ou SNCF.

Il existe néanmoins une grande différence entre un système de contrainte avec compensation pour ceux qui acceptent et éviction de ceux qui refusent (contrainte de réservation) et un système de bonus / malus avec majoration du taux de réduction de base pour ceux qui acceptent de s'adapter et minoration pour ceux qui refusent. Le second système est beaucoup plus acceptable dans la mesure où, si la valorisation des différentiels bonus / malus est forte, cela débouche sur des variations à la baisse beaucoup plus acceptables pour les porteurs. S'ils s'adaptent, les variations à la hausse sont quant à elles très incitatives.

Au regard des motivations qui nous ont poussés à imaginer des évolutions du tarif FN, imposer une contrainte de réservation ou de période de voyage permettrait de réduire le détournement de la CFN par les professionnels qui ne pourraient plus acheter leur billet au dernier moment ou voyager en période de pointe. Cela n'est pas le cas pour une carte qui conduirait à évincer les porteurs de CFN 30%.

En revanche, imposer une contrainte d'anticipation ou de période de voyage renforcerait la concurrence existante entre les tarifs commerciaux et les tarifs sociaux. Les porteurs évincés ou dont la réduction serait minorée du fait du malus auraient en effet tout intérêt à regarder de plus près les conditions de voyages proposées par les tarifs commerciaux. Par contre, ne proposer la CFN qu'aux familles de plus de quatre enfants réduirait fortement cette concurrence. Comme nous avons pu le voir, ce sont les porteurs FN 30% qui peuvent, à partir d'un tarif commercial, bénéficier de tarifs plus avantageux.

Par ailleurs, comme nous l'avons montré, l'intégration des familles de 3 enfants au tarif FN n'est plus justifiée. Jusqu'à 8 jours avant le départ, les porteurs 30% paient même plus cher en utilisant leur tarif social plutôt qu'un tarif commercial⁴¹. L'éviction

⁴¹ Notons d'ailleurs qu'imposer une contrainte d'anticipation de 8 jours aux porteurs 30% revient à leur

de ces porteurs permettrait de réduire l’enveloppe de compensation versée par l’Etat de 16 millions d’€. L’impact en termes de niveau de réduction pour les porteurs serait léger même si des informations complémentaires seraient nécessaires pour observer plus précisément leurs réactions en terme de mobilité. Cela reviendrait à évincer plus de deux-tiers des porteurs actuels.

En supprimant le bénéfice de la CFN aux familles de trois enfants, il serait possible de revaloriser l’avantage tarifaire pour les familles de plus de 4 enfants, soit en leur accordant, de 5 à 15% de réduction supplémentaire sur leur taux de base, soit en leur offrant la gratuité, ou encore en leur proposant de passer au niveau immédiatement supérieur à leur taux de base. Ce type de mesure n’aurait pas un coût très élevé (Tableau 35 –). Il pourrait être largement couvert par la réduction des compensations versées par l’Etat à la SNCF pour les porteurs 30% (16 millions d’€). Cette mesure serait intéressante du point de vue de l’équité, et peu coûteuse pour l’Etat.

Un tel dispositif pourrait néanmoins gonfler le détournement professionnel et avoir des effets forts en terme d’induction. Les FN 75% sont par exemple celles qui voyagent le plus dans l’année : elles effectuent en moyenne 7,3 voyages sur le Réseau Principal tandis que les porteurs de CFN 30% en réalisent seulement 2,3.

Tableau 35 – Coûts de revalorisation de la réduction Familles Nombreuses pour les familles de plus de 3 enfants

Evolutions possibles	5% de réduction supplémentaire à tous (K€)	10% de réduction supplémentaire à tous (K€)	15% de réduction supplémentaire (K€)	Gratuité pour les 75% (K€)	Passage catégorie supérieure pour tous (40-50 / 50-75 / 75-G) (K€)	Gratuité pour tous (K€)
Bilan de la mesure (hors induction)	-2 135,8	-4 271,6	-6 407,4	-2 327,6	-6 916,8	-21 538,5
Bilan de la mesure (hors induction et 100% places libérées rachetées)	-1 241,1	-2 627,6	-4 014,0	-169,7	-3 665,8	-15 591,8
Bilan de la mesure (avec induction et 50% places libérées rachetées)	-1 194,9	-2 980,6	-5 093,0	-2 904,6	-6 481,7	-27 564,1
Bilan de la mesure (avec induction et 0% places libérées rachetées)	-2 838,5	-5 947,6	-9 383,4	-5 639,6	-11 762,7	-39 536,4

Ainsi, si des marges de manœuvre se dessinent, leurs impacts financiers et politiques interrogent toutefois. Quelle serait l’utilité de ces réformes qui risquent de provoquer de fortes réactions de l’opinion publique pour finalement assez rarement à l’origine de gains en matière de surplus ? De plus, les évolutions envisagées pourraient générer des effets pervers (un nouveau détournement par les voyages professionnels), voire même les intensifier (concurrence entre les tarifs sociaux et les tarifs commerciaux), au risque de réduire encore la pertinence du tarif FN.

Tout semble donc pousser à nouveau au *statu quo* du point de vue de la SNCF et de l’usager. En revanche du point de vue de l’Etat, une modification du tarif FN aurait pour conséquence de réduire son engagement financier, ce qui irait de paire avec son comportement de révision périodique à la baisse de l’enveloppe accordée depuis

imposer de payer leur billet à un tarif supérieur que celui en vigueur sur le marché au même moment. Cela remet cause la pertinence d’une telle évolution ainsi que la présence des porteurs 30% au sein du tarif Familles Nombreuses.

quelques années. Nous pouvons même aller jusqu'à imaginer son retrait définitif du financement du dispositif. Nous avons vu que le tarif FN contribue à une part conséquente de voyages et de recettes au cœur du dispositif de la SNCF. Rien ne garantit par ailleurs que les voyages réalisés actuellement avec un tarif FN soient systématiquement remplacés par des voyages effectués avec un tarif commercial. Dans ce cas, il n'est pas certain que la SNCF supprimerait *de facto* le tarif FN de son offre tarifaire compte tenu du risque financier qui y serait associé. Comme l'envisageait le **rapport Abraham (1983)**, avant toute modification d'un dispositif comme la tarification sociale, il faut d'abord se demander si l'entreprise en question ne ferait pas d'elle-même ce qu'on lui impose.

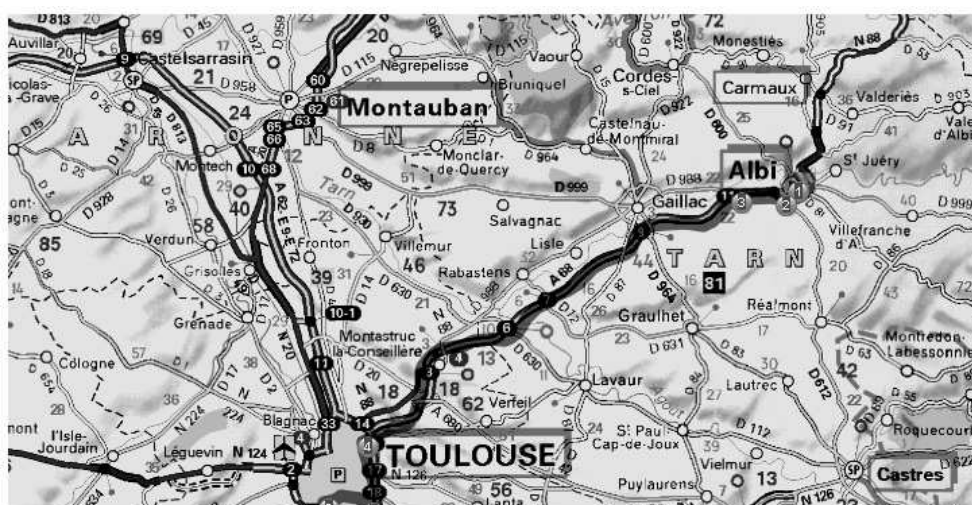
CHAPITRE 3 : QUELLE CONTRIBUTION DU CADENCEMENT A L'ATTRACTIVITE DU TRAIN ? ELEMENTS DE REPOSE SUR LA BASE DE RESULTATS D'UNE ENQUETE PREFERENCES DECLAREES

A - Introduction

Au cours de ces dernières années, les orientations données en matière d'offre de transport sur rail dans de nombreux pays Européens ont fait du cadencement un facteur important des politiques visant à renforcer l'attractivité du train. Ce choix repose sur la conviction qu'une offre de transport en train régulière, plus fréquente sur certains axes et plus lisible pour la clientèle est à l'origine d'un meilleur niveau de satisfaction des usagers pouvant contribuer à augmenter l'attractivité du train et d'une organisation du service ferroviaire plus simple à piloter.

En France, c'est ce qui a incité RFF à soutenir la mise en place du cadencement sur de nombreux réseaux régionaux avec pour objectif un cadencement national. Sous cette impulsion, la région Midi-Pyrénées a été pionnière en la matière, cadencant la ligne allant de Toulouse à Auch dès 2004. En 2007, la région Midi-Pyrénées et RFF signent le « plan rail Midi-Pyrénées 2008-2013 » qui intègre le cadencement de parcelles de deux nouvelles lignes de train : Toulouse / Montauban et Toulouse / Albi. Comme on peut le voir sur la carte, Montauban et Albi ont la particularité d'être liées à Toulouse par des axes autoroutiers. Toulouse est séparée d'Albi par 77km et de Montauban par 57km. Le long de ces axes, de nombreux bassins de vie et d'activité sont présents. Le train se présente ici comme une alternative à la voiture et le cadencement doit y contribuer.

Figure 39 – Région Toulousaine



Source : viamichelin (2009), échelle 1/1000000.

L'objectif de cette étude est d'observer, dans le cas particulier de ces deux lignes, si le cadencement est valorisé par les individus lors de leur processus de choix modal, qu'ils soient utilisateurs du train ou de la voiture. Pour se faire, compte tenu du manque de recul quant aux effets du cadencement dans cette région et de l'absence d'évaluations ciblées sur les effets avérés du cadencement en France et en Europe, seule une EPD permet de juger de l'influence réelle du cadencement sur l'attractivité du train. Elle a été mise en place en 2008 et sert de base à la réflexion menée tout au long de cette étude.

La réalisation de cette enquête, c'est aussi l'occasion de s'interroger sur l'importance de nombreux déterminants du choix modal comme le coût du déplacement, le temps de parcours ou encore l'habitude.

Finalement, les résultats montrent que le cadencement contribue à renforcer la compétitivité du train et participe à son attractivité, au même titre que d'autres variables plus traditionnelles de l'offre ferroviaire. Ce constat s'avère particulièrement pertinent pour les déplacements pendulaires.

B - Contexte de l'étude – Choix modal et cadencement

1 - Les déterminants du choix modal

Le choix du mode de transport est un des thèmes de recherche appliquée en transport les plus étudiés puisqu'il constitue un élément essentiel à la définition des orientations stratégiques et à la planification en transport. Le choix du mode de transport a en effet un impact important sur l'aménagement du territoire, sur l'environnement, sur les finances publiques ou encore sur les conditions de déplacement et l'efficacité du système de transport.

De nombreuses études ont contribué à mieux comprendre les déterminants du choix modal ainsi que les logiques de choix qui sont à l'origine de changements de comportements en la matière.

On retrouve parmi les facteurs explicatifs, tant des déterminants économiques ou instrumentaux que psychologiques ou affectifs. La combinaison de ces deux approches permet d'appréhender précisément le choix du mode de transport.

Dans un premier temps, ce sont des déterminants instrumentaux du choix modal qui ont été avancés comme principaux facteurs explicatifs du mode de transport choisi. Ainsi, **Ortúzar et Willumsen (1990)** dressent une typologie de facteurs influençant le choix du mode de transport selon trois groupes :

- Les caractéristiques de l'individu, catégorie dans laquelle on retrouve : la possession ou non d'un véhicule, la détention du permis de conduire, la structure du ménage (taille du ménage, nombre d'enfants, âge des individus composant le ménage, ...) ;
- Les caractéristiques du déplacement, catégorie composée du motif de déplacement, de la localisation des origines et des destinations, et du moment de la journée lors duquel le déplacement est effectué ;
- Les caractéristiques de l'offre de transport à disposition, parmi lesquelles des facteurs quantitatifs (temps de parcours, coût monétaire, parking à disposition) et qualitatifs (confort, régularité, sécurité).

Si tous ces éléments sont pris en compte par les individus lorsqu'ils optent pour un mode de transport, cette typologie occulte les déterminants dits affectifs ou perceptuels du choix modal. D'autres typologies issues du champ de la psychologie, comme celles de **Steg et al. (2001)** ou de **Anable et Gatersleben (2005)** permettent de mieux mettre en évidence l'ensemble de la logique de choix des individus en distinguant les aspects symboliques (ou affectifs) et instrumentaux (ou raisonnés) (**Kouabenan et Gandit, 2009**).

Les déterminants instrumentaux correspondent à ceux mentionnés par **Ortúzar et Willumsen (1990)**. Parmi les éléments affectifs, il existe, selon **Ellaway et al. (2003)**, trois catégories de perception qui vont jouer un rôle important lors du choix du mode de transport: la protection de soi (intimité, stress, sécurité), l'indépendance (disponibilité, automaticité) et le prestige (estime de soi, valorisation).

Pour mieux appréhender et intégrer les éléments affectifs du processus de choix modal, des modèles adaptés ont été développés comme par exemple le modèle

AGDIM (**MAX, 2009 ; Beroud, 2007**). Ils intègrent l'ensemble du processus cognitif de décision et sont utilisés pour mieux représenter le choix modal ou pour observer comment favoriser les changements de comportements (**MAX, 2009 ; Gandit, 2007**). Ces modèles sont présentés en détail par **Gandit (2007)**.

Le processus de choix modal repose donc sur de nombreux éléments qui vont au delà du simple aspect pratique ou technique. Les résultats obtenus grâce à l'EPD que nous avons mise en place le confirment. Les succès limités de nombreuses actions agissant uniquement sur le système de transport (développement des réseaux de transports collectifs, péages urbains, politiques de stationnement restrictives, ...) en attestent également. Les parts modales de la voiture en France se situent aujourd'hui aux alentours de 82% en ce qui concerne les transports intérieurs (**SOeS, 2008**) et de 50% à 60% en ce qui concerne les déplacements urbains (**Bonnell et al., 2003**). Celles-ci sont stables depuis 20 ans mais il faut souligner que l'étalement urbain lui, ne l'est pas.

La vérité se trouve, comme le souligne **Héran (2001)** et **Gandit (2007)** dans un mélange d'approche socioéconomique, urbanistique, techniciste et psychologique⁴². Il est difficile, sans prendre en compte l'ensemble de ces paramètres, d'analyser et *a fortiori* de comprendre le choix modal. La place prise par chacune des composantes du choix modal varie ensuite d'un individu à l'autre.

Dans le cadre de notre étude qui porte sur les déterminants du choix modal en train et sur l'influence éventuelle du cadencement, il est important de garder à l'esprit la dynamique de choix modal et de changement de comportement sur laquelle repose les préférences des enquêtés.

2 - Définition et effets du cadencement

Le concept de cadencement est principalement le fruit du travail de la SBB (Schweizerische Bundesbahnen), opérateur ferroviaire Suisse. La terminologie originelle du cadencement est issue de l'allemand *Taktfahrplan*, soit « rythme, circulation, projet » pour Takt-fahr-plan.

Le cadencement est un système de planification des circulations ferroviaires qui repose sur trois principes de mise en œuvre : la systématisation, la symétrie et la répétition (**RFF, 2008d**). Une fois définies, les séquences de circulation des trains se répètent tout au long de la journée sous les mêmes conditions, quel que soit le sens de circulation sur l'axe cadencé. Pour un axe donné, sur la base des intervalles de passage entre deux trains et des gares à desservir, la circulation est organisée sur un mode répétitif et régulier, selon une trame horaire fixe. Le train d'une ligne « cadencée » est planifié de telle sorte qu'il passe toujours à la même minute de la même heure au même endroit.

⁴² **Gandit (2007)** d'après **Héran (2001)**, définit l'approche socio-économique comme le souhait d'expliquer le choix modal à partir de normes de consommations comme la CSP ou le niveau de revenu ; l'approche urbanistique explique le choix modal en tant que conséquence de choix d'aménagement urbain ; l'approche techniciste explique le choix modal selon le critère de l'efficacité des transports (temps de parcours, coût monétaire, ...) ; et enfin l'approche psychologique qui intègre les connexions entre éléments économiques et sociologiques comme déterminants du choix modal.

En Europe, plusieurs pays ont déjà mis en place un cadencement total (Allemagne, Belgique, Pays-Bas, Danemark, Suisse, Autriche) ou partiel (Espagne, Italie, Suède, Royaume-Uni) de leur réseau ferré. Si des horaires réguliers ont déjà été mis en place dès 1920 en Grande Bretagne (**Wardman et al., 2004**), la première application officielle et intégrale du cadencement s'est faite en 1982 en Suisse.

En France, les régions précurseurs en matière de cadencement ont été la région Midi-Pyrénées qui a mis en place un horaire cadencé strict sur l'axe Toulouse-Auch dès 2004, et la région Rhône-Alpes qui a été la première à mettre en place le cadencement sur l'ensemble de son réseau TER en 2008. Depuis, l'ensemble des régions Françaises ont suivi sous l'impulsion de RFF.

En terme d'organisation, le cadencement d'une ligne de train est un procédé complexe qui remet souvent fortement en cause l'offre en vigueur. Les horaires sont redéfinis et uniformisés tout au long de la journée, éliminant les périodes « creuses ». Les dessertes sont généralisées à l'ensemble des trains, soit en supprimant l'existence de trains plus directs, soit parfois en supprimant la desserte de certaines gares.

L'intensité du cadencement mis en place résulte d'un arbitrage coûts-bénéfices pour l'entreprise sous contrainte de la topologie des infrastructures à disposition et des correspondances à prendre en compte, notamment avec les réseaux de transports collectifs urbains. Au cœur de l'évaluation des bénéfices pouvant émerger du cadencement d'une ligne ou d'un réseau, les effets sur la demande doivent être pris en compte.

Les avantages du cadencement reposent, d'après **Johnson et al. (2006)** sur 6 caractéristiques des réseaux cadencés:

- la cohérence des horaires sur un réseau ;
- la hiérarchisation des services sur le réseau ;
- l'optimisation des temps de correspondance des déplacements effectués sur le réseau ;
- une utilisation optimale de la capacité du réseau grâce à un service régulier et systématique ;
- une commercialisation plus simple pour l'opérateur et les usagers grâce au caractère répétitif du service proposé ;
- la symétrie du service qui propose les mêmes conditions de voyage quelle que soit la direction pour une origine / destination donnée.

Pour les voyageurs, le cadencement permet de simplifier les déplacements. Tout d'abord car les horaires sont désormais plus simples et plus compréhensibles. Ensuite, car le trafic s'intensifie sur certains axes et à certains moments de la journée. Enfin, lorsque le cadencement est mis en place sur l'ensemble d'un réseau, il favorise l'intermodalité en rendant plus rapide, plus fluide et plus simple l'ensemble des correspondances. A terme, en simplifiant l'organisation des déplacements en transports collectifs, le cadencement a pour ambition de faire du train une alternative plus crédible face aux modes individuels.

Compte tenu de l'ensemble des paramètres associés au cadencement, il est difficile d'évaluer comment celui-ci est valorisé par la clientèle et plus encore par la clientèle potentielle. Lors des *focus* groupes organisés dans le cadre de notre étude les

enquêtés ont témoigné des plus grandes difficultés à définir le cadencement, et ce même lorsqu'il s'agissait d'utilisateurs fréquents du train.

En fait, la mise en place du cadencement implique pour la clientèle :

- une meilleure lisibilité des horaires, soit un coût réduit de prise de connaissance des conditions de voyage ainsi qu'une plus simple anticipation des déplacements, ce qui implique bien souvent des temps d'attente réduits en gare;
- une fréquence accrue du service sur la partie du réseau cadencée ce qui permet de mieux répondre aux besoins de mobilité des individus et ce particulièrement en heures creuses;
- une desserte systématique de l'ensemble des gares concernées, soit une fréquence plus élevée pour de nombreuses destinations mais aussi parfois la suppression d'un point d'arrêt ;
- une plus grande fiabilité des temps de parcours grâce à un service systématique et une exploitation plus performante du réseau ;
- une modification à court terme des habitudes de voyage des utilisateurs qui devront s'adapter à de nouveaux horaires. Souvent, la modification des horaires de départ est vécue comme un coût d'adaptation. Elle entraîne parfois des temps d'attente supplémentaires lors des premières expérimentations.

Des EPD ont été mises en œuvre pour évaluer les effets du cadencement (**Wardman et al., 2003 ; Wardman et al., 2004 ; Johnson et al., 2006**), mais elles traitent principalement de l'effet de la régularité et de la lisibilité des horaires sur la demande de transport en train, parfois aussi de l'effet de la fréquence. Ces analyses n'abordent donc pas dans leur contenu ou leurs conclusions le cadencement dans son ensemble puisqu'elles n'en traitent pas toutes ses composantes (fréquence, temps d'attente, lisibilité des horaires, fiabilité du temps de parcours).

C - L'enquête préférences déclarées - Méthodologie

1 - Design de l'enquête préférences déclarées

La logique que nous avons souhaité retenir pour notre étude est de confronter les utilisateurs ainsi que les utilisateurs potentiels du train aux situations de choix modal les plus proches possibles de celles qu'ils connaissent dans la réalité. Chaque enquêté, quel que soit le mode de transport qu'il utilise actuellement, devra choisir parmi les deux modes pertinents sur notre zone d'étude : le train ou la voiture. Au sein de ces situations de choix modal, le cadencement sera intégré pour évaluer dans quelles mesures celui-ci influence le choix des enquêtés.

Les scénarios de préférences déclarées doivent donc d'une part, retranscrire les principaux déterminants d'un choix modal (coût, temps de parcours, ...), et d'autre part les composantes du cadencement. Compte tenu des nombreux éléments pouvant être associés au choix modal et au cadencement, la sélection des attributs qui ont constitué les situations fictives n'a pas été simple.

Pour que l'enquêté prenne en compte l'ensemble des dimensions intégrées dans les situations fictives, le nombre d'attributs ne doit pas être trop élevé. Ceci est d'autant plus important qu'en intégrant des attributs moins communs, comme par exemple la régularité des horaires, le risque que les enquêtés ne les considèrent pas est d'autant plus élevé que le nombre d'attributs est important. Un arbitrage est donc nécessaire en la matière.

1.1 - Prise en compte des déterminants du choix modal

En ce qui concerne les déterminants traditionnels du choix modal, nous avons pu voir que des variables symboliques étaient à prendre en compte.

Pour ce qui est des éléments instrumentaux, le temps de parcours et le coût monétaire sont des éléments indispensables. **Mc Fadden (1977)** mettait déjà en évidence que ces deux attributs expliquent à eux seuls « *la plus grande partie des comportements de la demande de transport* » et doivent donc être intégrés aux modèles. Ces éléments, pour gagner en réalisme, doivent être personnalisés et adaptés aux conditions de mobilité de chaque individu enquêté.

Au cours de l'enquête, des données relatives aux caractéristiques de l'individu (possession ou non d'un véhicule, taille du ménage, nombre d'enfants, âge des individus composant le ménage, ...), et du déplacement (modes de transport utilisés, motif de déplacement, origine / destination du déplacement, fréquence à laquelle le déplacement est effectué, ...) ont été récoltées.

D'autres variables explicatives du choix du mode de transport, ne sont en revanche pas intégrées aux scénarios pour ne pas multiplier le nombre d'attributs et laisser ainsi une place plus grande lors de l'arbitrage aux attributs associés au cadencement. Le sentiment de sécurité associé à chacun des modes, le confort ressenti, si ils constituent des facteurs discriminants entre le train et la voiture, ne sont pas intégrés aux simulations de préférences déclarées.

Pour ce qui est des éléments symboliques, qui jouent un rôle essentiel dans le choix du mode de transport, ils ne seront, pour les mêmes raisons que celles évoquées précédemment, pas directement intégrés.

L'effet de l'ensemble des facteurs explicatifs du choix modal non intégrés dans l'EPD sont confondus au sein de la constante de la fonction d'utilité.

Par ailleurs, l'intégration de données révélées sur les enquêtés (modes de transport utilisés, ...), permettra d'affiner l'analyse.

1.2 - Prise en compte des composantes du cadencement

Lorsqu'il s'agit d'évaluer à partir d'une EPD les effets potentiels du cadencement sur le choix modal, de nombreux éléments sont à prendre en compte pour reconstituer l'effet du cadencement dans son ensemble. Comme nous avons pu le voir, le cadencement ne se résume pas à des horaires plus lisibles et plus simples à retenir mais il implique également des fréquences accrues, un temps d'attente réduit, des temps de parcours plus fiables ainsi qu'un effort d'adaptation afin d'accorder ses habitudes aux nouvelles conditions de voyage.

Nous avons fait le choix, compte tenu de la complexité du concept de cadencement, et des difficultés qu'ont eu les participants à en donner une définition claire et complète lors des *focus* groupes, de décomposer le cadencement en plusieurs variables composites pouvant ensuite être articulées lors du traitement. Sur la base de l'ensemble des dimensions constituant le cadencement, nous avons arbitré entre l'apport de chaque variable supplémentaire à l'évaluation des effets du cadencement sur l'attractivité du train et le coût pour l'enquêté en terme de compréhension des scénarios fictifs.

La fréquence apparaît comme le premier élément à intégrer. C'est un élément primordial du cadencement qui, au regard de la littérature, influe fortement sur l'attractivité du train.

Mamoghli (1997) utilise une modélisation 4 étapes à partir de données de la SNCF pour évaluer l'impact de la tarification, des temps de parcours et des fréquences des trains sur les flux ferroviaires. Une amélioration des fréquences de circulation serait l'élément qui aurait l'effet le plus conséquent sur la fréquentation. Un train supplémentaire sur l'ensemble des lignes du bassin Parisien serait à l'origine d'une croissance de 10% du nombre de voyageurs. Une baisse des tarifs des abonnements de 20% jouerait un rôle moins important.

Dans le même registre, **Wall et Mc Donald (2007)**, à partir de résultats d'évaluations dans le cadre du projet Européen MIRACLES qui soutient et observe les effets d'investissements massifs dans les transports urbains, ont observé à Winchester l'importance fondamentale de la fréquence sur la demande en transports collectifs.

Reinhold (2008), sur la base des effets de la restructuration du réseau de transports publics urbains de Berlin, souligne l'importance fondamentale de la fréquence du service proposé qui « réduit le temps d'attente », moins bien vécu que le temps de parcours, et contribue ainsi à renforcer l'attractivité des transports collectifs.

Une étude de **FitzRoy et Smith (1995)** confirme le rôle essentiel de la fréquence de passage des trains sur la demande de transport sur rail et recommande l'intégration systématique de la fréquence comme variable explicative du choix modal lorsque le

train fait partie des alternatives à disposition. A partir de données de fréquentation de réseaux ferrés de 14 pays Européens, les auteurs démontrent que des fréquences élevées ont joué un rôle déterminant dans le maintien des parts de marché du rail en Irlande, en Hollande et en Suisse au cours de années 80.

Au sein des EPD, la fréquence est toujours exprimée en nombre de passages.

Si elles sont moins nombreuses, des études ont été menées sur la perception par les voyageurs de la régularité et de la lisibilité des horaires de train (**Wardman, 2003 ; Wardman, 2004 ; Johnson, 2006**). Ces trois études concluent à un effet positif modéré, mais statistiquement significatif, de la lisibilité des horaires sur l'utilité des usagers qui se déplacent en train.

Au sein des scénarios d'EPD, la lisibilité des horaires est intégrée par **Wardman (2003)**, comme un attribut à part entière. Au sein des scénarios, il est présenté de la manière suivante : soit les horaires sont calqués sur des horaires simples à mémoriser (0 / 15 / 30 / 45, si la fréquence est de 4 trains par heure ou 0 / 30, si la fréquence est de 2 trains), soit sur des horaires plus complexes (8 / 23 / 38 / 53, si la fréquence est de 4 trains par heure ou 08 / 39, si la fréquence est de 2 trains).

Le coût d'adaptation de la clientèle habituelle n'est pas pris en compte comme un effet de la mise en place d'horaires réguliers. Le temps d'attente, qui est souvent associé à ce temps d'adaptation, n'est pas non plus intégré.

Pour intégrer la lisibilité et la régularité des horaires, nous avons préféré, avant le passage des scénarios fictifs, le présenter de manière descriptive aux enquêtés (cf. Figure 40).

Enfin, la fiabilité des temps de parcours est un élément à prendre en compte lors de l'évaluation de toute politique visant à améliorer un service de transport (**Bath et Sardesai, 2006**).

Cependant, la définition de la fiabilité elle-même est sujette à discussion dans la littérature et par corollaire à des prises en compte différentes au sein des études en la matière. Selon **Bates et al. (2001)**, la notion de fiabilité repose sur l'idée de répétition, de régularité d'un service au fil du temps. La régularité est néanmoins évaluée différemment par chaque individu sur la base du temps attendu, ressenti. Dans le cas de services publics informant des horaires attendus et des retards, la notion de fiabilité se rapproche alors fortement de celle de ponctualité.

En pratique, il existe diverses méthodes qui permettent d'intégrer aux analyses les effets de la fiabilité sur le choix des individus.

La première consiste à intégrer la fiabilité comme un décalage avec l'heure d'arrivée prévue. C'est ce qui est fait par **Small (1982)** ou encore **Polak (1987)**.

La seconde méthode à disposition conçoit les effets affectifs de la fiabilité sur les individus (stress, anxiété, mauvais souvenirs du service) et prend en compte la fiabilité en intégrant simplement un retard. C'est ce qui est fait par **Jackson et Jucker (1982)** ou **Pelles (1987)**.

Une autre solution à disposition consiste à intégrer directement la fiabilité comme un attribut à part entière au sein d'une EPD. **Chang et Stopher (1981)** font appel à des items descriptifs « me permet d'arriver à destination au moment prévu », « a une heure d'arrivé variant d'un jour à l'autre »,...

Enfin, la dernière solution disponible est d'intégrer une notion de probabilité d'occurrence du manque de fiabilité « tous les trains sont à l'heure », « 1 train sur 10 à 5 minutes de retard », ...

Si ces techniques permettent de traduire à la fois la notion de régularité et de répétition de la fiabilité, elles ont néanmoins l'inconvénient de laisser place à une interprétation subjective des conditions réelles par les enquêtés.

Bates et al. (2001) proposent une méthodologie d'évaluation complète et fiable afin d'intégrer la régularité *via* EPD. Cependant, elle s'avère trop contraignante dans le cadre de notre analyse (nombre d'attributs, *design* des *trade off*, ...).

Lorsque l'étude porte en particulier sur l'influence de la fiabilité, il est recommandé de faire appel à la dernière méthodologie (**Bates et al., 2001**). En revanche, lorsque l'étude porte sur une analyse plus générale, il est suffisant d'intégrer la fiabilité comme un temps de parcours supplémentaire. Nous choisissons de prendre en compte la fiabilité sous la forme d'un retard éventuel.

1.3 - Développement des scénarios d'EPD

Pour les déplacements pouvant être réalisés au sein de notre zone d'étude, le train et la voiture sont, hormis les deux roues que nous éliminons par avance⁴³, les seuls modes de déplacement pertinents. Au cours des jeux de scénario d'EPD, cinq scénarios de choix modal sont soumis aux enquêtés. Ils doivent choisir entre la voiture et le train.

Les scénarios du questionnaire d'EPD mettent en situation, pour chaque personne interrogée, le même déplacement que celui recueilli le jour du passage du questionnaire de présélection. Cela permet à l'enquêté de matérialiser véritablement les conditions de voyage (temps de parcours, prix, ...) et de disposer également de référentiels puisque ce sont des déplacements connus.

Les cinq scénarios proposés traitent toujours du même trajet mais, comme pour toute EPD, les conditions de voyage en voiture ou en train changent. Les enquêtés sont obligés de faire un choix.

Attributs de l'EPD

Les conditions de voyage en train sont décrites par cinq attributs (le temps de parcours, le prix, la fréquence, la lisibilité des horaires et le retard), contre trois pour les conditions de voyage en voiture (le temps de parcours, le prix, le retard).

Niveaux d'attributs de l'EPD

C'est à partir des conditions de voyage effectives sur les deux axes d'étude et des travaux similaires présentés dans la littérature que les niveaux d'attributs ont été définis puis testés lors de *focus* groupes. Lorsque cela était possible, les niveaux d'attributs ont été personnalisés en fonction du déplacement propre à chaque enquêté.

⁴³ Il est long et difficile lors de la collecte de données d'obtenir un échantillon conséquent de conducteurs de deux roues.

A partir des lieux d'origine et de destination mentionnés lors du déplacement effectué au moment de l'interview pour l'enquête de présélection, le temps de parcours et le coût du déplacement ont été définis et sont réutilisés pour l'EPD.

Certains déplacements réalisés par les enquêtés vont au-delà des parcelles cadencées que nous étudions mais empruntent les axes Toulouse / Montauban et Toulouse / Albi. Dans l'ensemble de ces cas, les scénarios recomposent le déplacement réalisé par l'enquêté.

Pour les déplacements en train, nous connaissons grâce aux horaires officiels, l'ensemble des gares existantes et les temps de parcours associés entre Toulouse et Montauban ainsi qu'entre Toulouse et Albi (cf. Annexe 9). Grâce aux informations de la SNCF, il est également simple de connaître le montant du plein tarif entre Toulouse et l'ensemble de ces gares (cf. Annexe 9).

Pour chaque déplacement, est donc proposé un trajet en train depuis la gare la plus proche du lieu d'origine vers la gare la plus proche du lieu de destination.

Au sein des scénarios d'EPD, les trajets en train ne sont pas représentés dans leur ensemble. Le temps d'accès à la gare tout comme le temps de parcours entre la gare et la destination ne sont pas pris en compte. Pour se faire, il aurait fallu connaître le mode de transport utilisé par les enquêtés voyageant en train pour se rendre à la gare puis à destination et les alternatives modales à disposition des enquêtés qui voyagent en voiture. Ce, aussi bien à l'origine qu'à destination. Sur la base de la situation de chaque individu, nous aurions pu développer des situations personnalisées. Nous ne détenons pas ces données. Nous n'avons donc intégré que le temps de parcours et le coût de gare en gare ce qui évince partiellement l'effet de la localisation des enquêtés. Ainsi, les choix des enquêtés n'intègrent pas forcément l'ensemble des caractéristiques de chaque trajet. Pour les utilisateurs du train, ce biais est *a priori* mince puisqu'ils connaissent les conditions de voyage des modes complémentaires au train pour leurs déplacements. En revanche, pour les conducteurs, les enquêtés ont peut-être parfois sur ou sous-estimé la pénibilité du déplacement de l'origine à la destination.

Pour les déplacements en voiture, c'est *via* internet⁴⁴ que nous calculons le temps de parcours et le coût du déplacement. L'Annexe 7 recense l'ensemble des déplacements possibles en voiture parmi les conducteurs ayant participé à l'EPD. Le déplacement le plus court est de 10,4 km entre Toulouse et Saint Alban, le trajet le plus long est de 171,8 km entre Toulouse et Brive la Gaillarde, la distance moyenne des déplacements est de 39,9 km. A partir des origines et des destinations, il nous est possible de reconstituer la distance, le temps de parcours et le coût (carburant et péage). Les coûts de déplacement sont présentés en Annexe 7.

Si l'enquêté voyageait en train, un trajet en voiture est proposé depuis d'origine vers le lieu de destination.

Sur la base des informations de chaque enquêté, les niveaux d'attributs ont été définis selon un pourcentage de variation.

Pour les temps de parcours, deux niveaux ont été déterminés « +0% du temps de parcours » et « +30% du temps de parcours ». Le temps de parcours a pour vocation de recréer le contexte du déplacement. Tester la sensibilité des enquêtés au temps ne

⁴⁴ www.viamichelin.fr

faisant pas partie des objectifs principaux de l'enquête, nous n'avons pas retenu une variation plus fine de cet attribut. Le seuil de 30% a été retenu car il permettait de créer des variations significatives et ressenties. Les tests ont permis de le confirmer. Pour le coût monétaire du déplacement, trois niveaux ont été déterminés « -30% du coût du parcours », « +0% du coût du parcours » et « +30% du coût du parcours ». Nous avons opté pour un attribut variant également à la baisse car les coûts de déplacements avaient été calculés à partir du plein tarif pour le train et en incluant toujours un péage pour la voiture. Il est donc probable que les niveaux de référence du coût aient été parfois surévalués, notamment si l'enquêté bénéficiait d'un abonnement ou n'empruntait l'autoroute que pour une partie du déplacement. Trois niveaux ont cette fois été retenus pour obtenir une sensibilité plus fine de la mesure du prix qui sert d'attribut de référence lorsqu'on évalue les valorisations monétaires des autres attributs.

Pour ce qui est de la fréquence, les niveaux ont été retenus au regard de la fréquence existante sur ces axes comme l'avaient fait **Ahern et Tapley (2005)**. Sur l'axe Toulouse – Montauban, la fréquence de passage moyenne des trains est de 2,7 trains par heure pour 1,9 sur l'axe Toulouse – Albi.

L'attribut fréquence varie selon 4 niveaux allant de un à quatre trains par heure. La fréquence varie donc selon les scénarios à la baisse ou à la hausse, ce qui est envisageable pour certaines dessertes lorsque les conditions du cadencement seront clairement définies.

La lisibilité des horaires est simplement active ou non active. Le concept est présenté auparavant aux enquêtés (cf. Figure 40).

Enfin, les niveaux de l'attribut « retard » sont définis sur la base du temps de parcours moyens et d'écart symboliques pour les enquêtés « 5 minutes de retard », « 10 minutes de retard », « 15 minutes de retard ».

Les niveaux d'attributs sont présentés dans le Tableau 36 – pour la voiture et dans le Tableau 37 – pour le train.

Tableau 36 – Attributs scénarios EPD Voiture

Attributs	Temps de parcours (min.)	Prix (€)	Retard (min.)
Niveaux d'Attributs	+0%	-30%	+0
	+30%	+0%	+5
	-	+30%	+15

Source : Réalisé par l'auteur

Tableau 37 – Attributs scénarios EPD Train

Attributs	Temps de parcours (min.)	Prix (€)	Retard (min.)	Fréquence (Train / h)	Horaire Cadencé
Niveaux d'Attributs	-30%	-30%	+0	1	Oui
	+0%	+0%	+5	2	Non
	+30%	+30%	+15	3	-
	-	-	-	4	-

Source : Réalisé par l'auteur

Plans factoriels et *trade off* de l'EPD

Compte tenu de la taille réduite de notre échantillon, le plan factoriel qui a été mis en place est un plan factoriel fractionné orthogonal qui ne garantit pas l'indépendance des effets de second ordre. En ce qui concerne la voiture, à partir de ces attributs, le plan factoriel fractionné que nous retenons comporte 9 situations fictives contre 18 pour la partition complète. Pour ce qui est des situations en train, le plan factoriel fractionné avec effets principaux uniquement comporte 16 situations fictives contre 216 pour le plan factoriel complet.

Les scénarios finalement retenus pour l'EPD définitive sont présentés dans le Tableau 38 – pour la voiture et dans le Tableau 39 – pour le train.

Tableau 38 – Scénarios du plan factoriel - Voiture

Scénarios	Temps	Prix	Retard éventuel
S1	+0%	-30%	0 min
S2	+0%	-30%	5 min
S3	+30%	-30%	15 min
S4	+30%	+0%	0 min
S5	+0%	+0%	5 min
S6	+0%	+0%	15 min
S7	+0%	+30%	0 min
S8	+30%	+30%	5 min
S9	+0%	+30%	15 min

Source : Réalisé par l'auteur

Tableau 39 – Scénarios du plan factoriel - Train

Scénarios	Temps	Prix	Fréquence	Horaires cadencés	Retard éventuel
S1	+0%	+0%	1	Non	0 min
S2	+30%	+30%	1	Oui	15 min
S3	-30%	-30%	1	Oui	5 min
S4	+30%	+30%	1	Non	5 min
S5	+0%	+30%	2	Oui	5 min
S6	+30%	+0%	2	Non	5 min
S7	-30%	+30%	2	Non	15 min
S8	+30%	-30%	2	Oui	0 min
S9	+0%	-30%	3	Non	15 min
S10	+30%	+30%	3	Oui	0 min
S11	-30%	+0%	3	Oui	5 min
S12	+30%	+30%	3	Non	5 min
S13	+0%	+30%	4	Oui	5 min
S14	+30%	-30%	4	Non	5 min
S15	-30%	+30%	4	Non	0 min
S16	+30%	+0%	4	Oui	15 min

Source : Réalisé par l'auteur

Le questionnaire d'EPD

La Figure 40 présente l'exemple d'un questionnaire d'EPD pour un enquêté qui se déplace de Toulouse à Bruguères. Pour s'assurer de la bonne compréhension de la notion de cadencement, un exemple a été ajouté au questionnaire final. Les autres attributs sont aussi brièvement présentés.

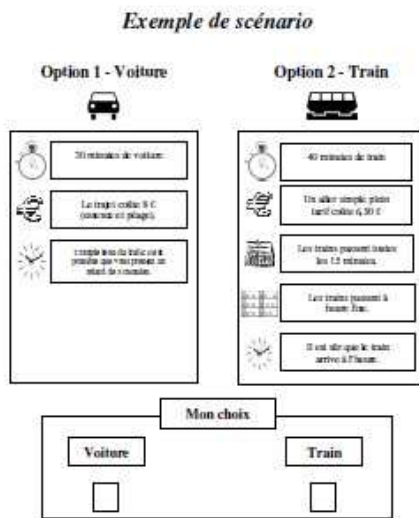
Aux scénarios d'EPD ont été ajoutés d'autres questions portant sur le tarif utilisé, la perception de l'offre actuel et sur les intentions à venir en terme de mobilité.

En Annexe 10 est fournit un questionnaire d'EPD pour un utilisateur du train allant de Toulouse à Albi. En Annexe 11 est fournit un questionnaire d'EPD pour un utilisateur de la voiture allant de Toulouse à Bruguères.

Figure 40 – Questionnaire d’EPD présenté aux enquêtés

Nous allons vous présenter dans les pages suivantes 5 scénarios imaginaires. Pour chacun de ces scénarios, vous allez choisir de prendre soit la voiture, soit le train. Ce choix est à faire pour le déplacement sur lequel vous avez été enquêté. Dans la présente page, nous allons vous expliquer comment fonctionnent les scénarios. Les scénarios eux-mêmes se trouvent dans les 5 prochaines pages. Merci de lire d’abord les explications ci-dessous avant de passer aux scénarios dans les pages suivantes.

Pour effectuer votre déplacement, vous allez avoir à chaque fois le choix entre deux modes de déplacements qui seront décrits de la façon suivante :



- La voiture :**
- durée de votre déplacement porte à porte (ce temps ne comprend pas la recherche éventuelle d’une place de stationnement)
 - coût de votre déplacement (carburant et péages)
 - fiabilité du temps de parcours prévu
- Le train :**
- temps à bord du train (ce temps ne comprend pas les accès aux gares de départ et d’arrivée)
 - coût de votre déplacement (sur la base d’un aller simple plein tarif)
 - fréquence de passage des trains (par exemple, un train toutes les 20 minutes)
 - train à horaires fixes ou à horaires variables (voir explication* ci-dessous)
 - fiabilité du temps de parcours prévu

* Un train peut partir d’une gare :

- à horaires fixes (par exemple, 9h20, 9h50, 10h20, 10h50, etc.) ;
- à horaires variables (par exemple, 9h07, 9h36, 10h14, 10h44, etc.).

Vous pouvez voir ci-dessous deux grilles horaires différentes. A gauche, les trains passent à horaires fixes. A droite, ils passent à horaires variables. Dans les deux cas, le nombre de trains par heure ne change pas.

Les trains passent à horaires fixes.			
6h05	6h20	6h35	6h50
7h05	7h20	7h35	7h50
8h05	8h20	8h35	8h50
	9h20		9h50
	10h20		10h50
11h05	11h20	11h35	11h50
12h05	12h20	12h35	12h50

Les trains passent à horaires variables.			
6h03	6h18	6h33	6h48
7h05	7h10	7h22	7h55
	8h13	8h28	8h39 8h48
	9h07	9h36	
	10h14		10h44
	11h12	11h28	11h39 11h53
12h03	12h18	12h33	12h48

De plus, lorsque les horaires sont fixes, la grille horaire est identique tous les jours et le temps de parcours entre deux gares est toujours le même.


Votre choix doit se faire pour le déplacement que vous effectuiez le jour où vous avez été enquêté : même motif (de votre domicile à votre travail, de vos études vers un lieu d’achats, etc.), mêmes horaires, mêmes impératifs (dépose d’une autre personne, bagages...).


Veillez passer à la page suivante pour répondre aux 5 scénarios.


Scénario 1. Vous devez vous rendre de TOULOUSE à BRUGUIERES. Pour ce faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture, en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez-vous ?

Option 1 - Voiture




 17 minutes de voiture


 Le trajet coûte 2.40 € (essence et péage).


 Compte tenu du trafic, il est possible que vous preniez un retard de 5 minutes.


Option 2 - Train




 14 minutes de train

 Un aller simple plein tarif coûte 3.00 €

 Les trains passent tous les quarts d'heure.

 Les trains passent à horaires fixes,

 Il est possible que le train arrive avec un retard de 15 minutes.

MON CHOIX

<p>Voiture</p> <p><input type="checkbox"/></p>	<p>Train</p> <p><input type="checkbox"/></p>
---	---

Source : Réalisé par l'auteur

2 - Mise en œuvre de l'enquête préférences déclarées

A partir d'une première enquête de sélection, les informations sur les caractéristiques sociodémographiques (âge, sexe, niveau d'activité, taux de motorisation du ménage...) ainsi que sur la mobilité des conducteurs et des usagers du train des zones d'étude considérées (motifs de déplacement, fréquences, modes de transport utilisés, ...), ont été recueillies. Les questionnaires de sélection sont fournis en Annexe 12.

Cette première phase de collecte de données a eu lieu :

(a) En gare de Toulouse Matabiau (les jeudi 20 Mars 2008 de 7h à 20h puis le mardi 1^{er} Avril de 16h30 à 20h). Des usagers voyageant sur l'ensemble des trains circulant sur les axes d'études (cf. Annexe 8) ont été interrogés aléatoirement. Les destinations rencontrées au cours de l'enquête sont présentées en Annexe 8.

(b) Aux postes autoroutiers de l'A68 et de l'A62 de Toulouse (le mardi 18 Mars 2008 entre 7h et 20h). Des conducteurs étaient arrêtés pour le passage du questionnaire.

Après cette première phase de récolte de données, des *focus* groupes ont été organisés pour valider définitivement le questionnaire d'EPD.

2.1 - Mise en place et objectifs des focus groupes

Dans le cadre du développement et de la validation du *design* de l'EPD, deux *focus* groupes ont été organisés. Le premier a eu lieu le 27 Février 2008 et traitait de déplacements sur l'axe Toulouse – Montauban. Le second a été mis en place le 28 Février à Albi et traitait de déplacements sur l'axe Toulouse – Albi.

Pour chaque groupe, 10 participants ont été recrutés sur la base d'un questionnaire d'éligibilité permettant une bonne représentativité en terme :

- de modes de transport utilisés ;
- de fréquences de déplacement ;
- de motifs de déplacement ;
- de localisation sur les 2 axes (différents points de départ et de destination) ;
- de variables socio-économiques (âge, sexe, niveau d'activité).

Lors de mise en place d'EPD, les *focus* groupes délivrent dans un premier temps des informations générales dans le cadre d'études exploratoires. Ces informations permettent de mieux comprendre les logiques de choix des individus, d'obtenir des précisions sur des éléments particuliers de l'étude, de confirmer ou d'infirmer des hypothèses de travail et de tester les questionnaires d'EPD avant validation définitive.

Dans le cadre de notre EPD sur le choix modal et sur l'influence du cadencement, la littérature nous a permis d'obtenir des informations sur les processus de choix modal et sur les éléments à intégrer aux scénarios d'EPD. La mise en place de *focus* group permet de détecter d'éventuelles particularités propres à la zone d'étude et à sa population, d'obtenir des informations plus précises sur les caractères atypiques de l'EPD (intégration de l'attribut cadencement, intégration de 2 modes de transport uniquement). Au final, les *focus* groupes nous ont permis d'obtenir:

- des informations sur les usages et attitudes de déplacements dans les périmètres concernés par l'EPD ;
- de manière hiérarchique, les raisons favorables et défavorables au choix de la voiture ou du train comme mode de transport ;
- des détails sur la perception de l'offre de train en vigueur ;
- une idée précise du sens que donnent les enquêtés au cadencement ;
- des détails sur la pertinence des scénarios d'EPD ;
- des informations sur le niveau de compréhension des scénarios d'EPD.

Lors des *focus* groupes, les participants prenaient part à des échanges semi directifs sur les éléments évoqués précédemment. Comment choisissent-ils leur mode de transport ? Que pensent-ils de l'offre de train en vigueur entre Toulouse et Montauban ou entre Albi et Toulouse ? Quels sont les freins à l'utilisation du train ? de la voiture ? Qu'évoque pour eux le cadencement ? ... Les résultats de ces entretiens sont évoqués en filigrane tout au long de l'analyse.

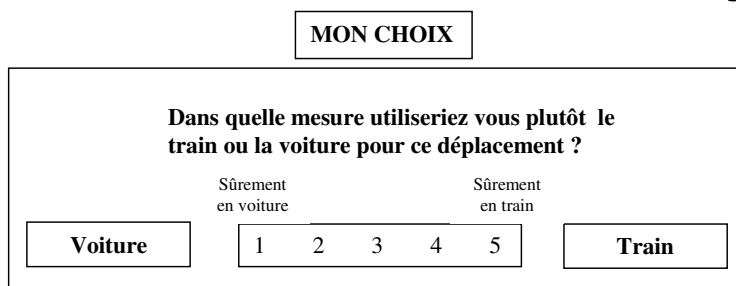
Chaque participant était ensuite mis face à 5 scénarios d'EPD successifs. Les scénarios n'étaient pas adaptés à la mobilité de chacun⁴⁵ et opposaient pour un même déplacement entre Toulouse et Montauban, les conditions de voyage en train et en voiture. Un exemple de questionnaire est fourni en Annexe 6.

2.2 - Tests des scénarios d'EPD

Lors de la mise en place d'EPD, les tests sont déterminants puisqu'ils permettent de s'assurer de la bonne qualité des scénarios développés. Ils permettent tout d'abord de s'assurer de la bonne compréhension par les enquêtés. La mise en situation est-elle bonne ? Le vocabulaire est-il adéquat ? La description des attributs est-elle assez neutre ?... Il est ensuite possible, à partir des scénarios testés de réaliser des estimations triviales qui, si elles n'ont pas de sens statistique, permettent néanmoins de mettre à jour les imperfections des scénarios et de s'assurer de la pertinence des attributs et des niveaux d'attributs.

Pour se faire, lors des tests de scénarios d'EPD, il était demandé aux enquêtés de se positionner sur une échelle de mesure allant de 1 « je choisirai sûrement la voiture » à 5 « je choisirai sûrement le train ».

Figure 41 – Echelle ordinale de choix utilisée lors du *focus* groupe



Source : Réalisé par l'auteur

⁴⁵ Les personnes qui ont participé au *focus groupe* n'ont pas subi au préalable d'enquête détaillée. Les informations nécessaires à la constitution de scénarios personnalisés n'étaient pas à disposition.

L'utilisation d'une telle échelle permet d'intégrer une nuance plus forte que lorsqu'on demande à un enquêté de réaliser un choix discret. Il est alors possible d'observer dans quelle mesure la modification d'un attribut est à l'origine d'une modification des préférences des enquêtés.

Les tableaux suivants représentent les différents scénarios auxquels ont répondu les participants du *focus* group de Toulouse ainsi que les réponses qu'ils ont données.

Tableau 40 – Scénarios testés - *focus* group de Toulouse

Scénarios	Voiture			Train				
	Temps de parcours	Prix	Retard éventuel (min)	Temps de parcours	Prix	Fréquence (train/h)	Horaire cadencé	Retard éventuel (min)
A	50	8,00 €	5	35	9,75 €	4	Oui	5
B	50	10,00 €	5	35	5,25 €	2	Non	0
C	45	8,00 €	15	40	7,50 €	4	Oui	0
D	45	10,00 €	0	30	5,25 €	1	Oui	5
E	50	5,00 €	15	35	7,50 €	3	Oui	15

Source : Réalisé par l'auteur

Tableau 41 – Réponses obtenues aux scénarios d'EPD – *focus* group de Toulouse

Scénarios	Nombre de réponses fournies pour chaque note					
	1	2	3	4	5	
Voiture - Train	A	2	0	1	4	3
	B	2	0	1	2	5
	C	4	0	1	4	1
	D	3	0	0	5	2
	E	3	0	2	4	1

Source : Réalisé par l'auteur

A partir des 50 observations obtenues, les informations suivantes ont été estimées. On calcule les scores moyens obtenus lors du passage de l'ensemble des scénarios intégrant un même niveau d'attribut. On fait de même pour chaque niveau de chaque attribut.

Cette méthodologie est présentée chapitre B - 2.3 (p.28).

Elle permet de vérifier que les écarts retenus entre les niveaux sont bien significatifs et que tous les attributs sont considérés lors du choix. A partir des scores moyens, on obtient également une idée de l'influence de chaque attribut sur l'utilité de l'enquêté. Il est ainsi possible de s'assurer qu'aucun résultat n'est contre intuitif.

A partir de ces brèves estimations, nous observons que les scénarios d'EPD proposés lors du *focus* groupe semblent efficaces. Les intentions de choix du mode de transport sur route ou sur rail varient lorsque les niveaux d'attributs fluctuent. Lorsque le temps de parcours ou le retard en train augmente, le score moyen diminue et se rapproche de 0 et donc d'un choix potentiel de la voiture. Lorsque le prix, le temps de parcours ou le retard en voiture augmente, le score moyen se rapproche de 5.

Tableau 42 – Résultats moyens obtenus pour chaque niveau d’attribut - *focus group* de Toulouse

	Attributs	Niveaux	Scénarios	Nb Scénarios	Résultat Total	Résultat Moyen	Ecart
Voiture	Temps de parcours (min)	45	C,D	2	58	2,9	
		50	A,B,E	3	104	3,5	0,6
	Prix (€)	5	E	1	30	3,0	-
		8	A,C	2	64	3,2	0,2
	Retard éventuel (min)	10	B,D	2	71	3,6	0,4
		0	D	1	33	3,3	-
		5	A,B	2	74	3,7	0,4
		15	C,E	2	58	2,9	0,8
Train	Temps de parcours (min)	30	D	1	33	3,3	-
		35	A,B,E	3	104	3,5	0,2
		40	C	1	28	2,8	0,7
	Prix (€)	5,25	B,D	2	71	3,6	-
		7,50	C,E	2	58	2,9	0,7
	Fréquence (train/h)	9,75	A	1	36	3,6	0,7
		1	D	1	33	3,3	-
		2	B	1	38	3,8	0,5
	Horaire cadencé	3	E	1	30	3,0	0,3
		4	A,C	2	64	3,2	0,1
	Retard éventuel (min)	O	A,C,D,E	4	127	3,2	-
		N	B	1	38	3,8	0,6
		0	B,C	2	66	3,3	-
	5	A,D	2	69	3,5	0,2	
	15	E	1	30	3,0	0,5	

Source : Réalisé par l’auteur

Nous observons par ailleurs que pour un même scénario, les perceptions sont différentes d’un individu à l’autre. Parmi les scénarios testés, aucun n’a donné lieu à un choix identique pour tous les participants du *focus* groupe ce qui confirme la présence d’un arbitrage réel.

Aucun attribut n’a un effet négligeable sur les intentions de choix des enquêtés puisque, pour chaque attribut, lorsque les niveaux varient, le résultat moyen varie également.

A l’inverse, aucun changement de niveau n’a un effet disproportionné sur les intentions de choix des enquêtés.

Ces premiers résultats dressent une hiérarchie cohérente des attributs pour les 10 personnes interrogées. Le retard éventuel est le facteur d’EPD propre à la voiture le plus pris en compte avant le temps de parcours et le prix. Pour les facteurs propres au train, au regard de ces résultats exploratoires, le prix serait l’élément le plus important avant le temps de parcours, le cadencement, le retard éventuel et la fréquence.

Les résultats des tests des scénarios d’EPD valident le *design* développé pour notre EPD. A partir des attributs et niveaux d’attributs retenus, nous pouvons désormais

développer les plans factoriels relatifs aux situations représentatives des déplacements en voiture et en train.

2.3 - Collecte des données

Sur la base de l'échantillon de l'enquête de sélection, a été construit selon la méthode des quotas un sous échantillon représentatif constituant la population à qui ont été soumis les scénarios de préférences déclarées.

L'EPD a été réalisée par téléphone entre le 9 et le 14 Avril 2008 après envoi préalable des questionnaires sous format papier.

La première phase d'enquête a permis de recueillir 881 questionnaires valides aux postes autoroutiers, dont 529 avec adresses ; et 1010 en gares, dont 493 avec adresses. Au total, 421 personnes ont finalement participé à l'EPD.

D - Résultats

1 - Les données d'EPD

1.1 - Un sous échantillon représentatif pour l'EPD

La constitution de l'échantillon de préférences déclarées a été guidée par :

(a) la nécessité de former un échantillon représentatif de ce qui avait été observé lors de la première enquête menée. Comme on le voit sur le Tableau 43 –, les utilisateurs du train et de la voiture qui ont été interrogés composent un échantillon représentatif des conducteurs et des usagers du train qui voyagent sur les deux axes étudiés.

(b) la nécessité de garantir un échantillon de taille suffisante pour réaliser des estimations de qualité ;

(c) le souhait de garantir la représentativité de certains critères afin de pouvoir estimer par la suite le modèle de manière représentative pour des sous populations pré définies (mode de transport, axe concerné, motif de déplacement, niveau d'activité).

L'échantillon d'EPD comprend finalement 421 personnes dont 204 utilisateurs du train et 217 conducteurs. Cinq *trade-off* successifs étaient soumis à chaque personne enquêtée. Finalement, après suppression des informations erronées, 2105 observations composent notre base de données.

Parmi les conducteurs interrogés, 107 se déplaçaient sur l'axe Toulouse / Montauban et 110 sur l'axe Toulouse / Albi. Les utilisateurs du train étaient quant à eux 72 sur le premier axe et 132 sur le second. Cette différence est issue de la phase de collecte de données, confiée à une entreprise de sondage.

Tableau 43 – Echantillon de l'enquête de présélection Vs échantillon de l'EPD

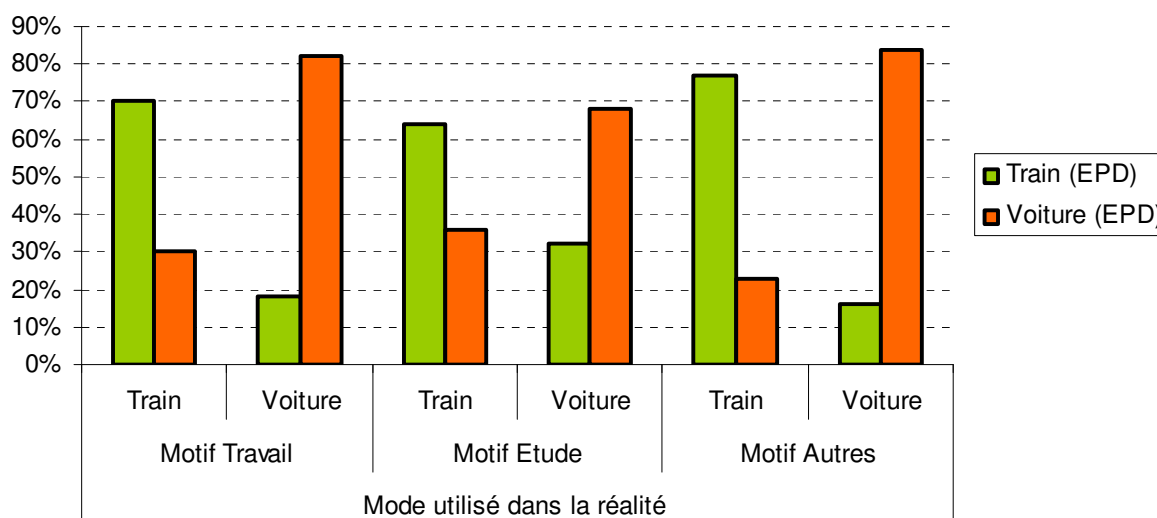
	Enquête de pré sélection		EPD		Enquête de pré sélection		EPD	
Utilisateurs du train	Sexe			Sexe				
		Hommes	41%	45%		Hommes	60%	61%
		Femmes	59%	55%		Femmes	40%	39%
	Age				Age			
		Age moyen	34	36		Age moyen	34	36
	Nombre de véhicules à disposition du ménage				Nombre de véhicules à disposition du ménage			
		Nb. moyen de véhicules	1,48	1,63		Nb. moyen de véhicules	1,77	1,73
	Niveau d'activité				Niveau d'activité			
		Actif	64%	68%		Actif	80%	78%
		Etudiant	21%	16%		Etudiant	4%	2%
	Scolaire, Collégien, Lycéen	8%	7%		Scolaire, Collégien, Lycéen	-	-	
	Retraité	5%	7%		Retraité	13%	17%	
	Sans profession	1%	1%		Sans profession	2%	2%	
	A la recherche d'un emploi	2%	1%		A la recherche d'un emploi	1%	0%	
Utilisateurs de la voiture	Sexe			Sexe				
		Hommes	41%	45%		Hommes	60%	61%
		Femmes	59%	55%		Femmes	40%	39%
	Age				Age			
		Age moyen	34	36		Age moyen	34	36
	Nombre de véhicules à disposition du ménage				Nombre de véhicules à disposition du ménage			
		Nb. moyen de véhicules	1,48	1,63		Nb. moyen de véhicules	1,77	1,73
	Niveau d'activité				Niveau d'activité			
		Actif	64%	68%		Actif	80%	78%
		Etudiant	21%	16%		Etudiant	4%	2%
	Scolaire, Collégien, Lycéen	8%	7%		Scolaire, Collégien, Lycéen	-	-	
	Retraité	5%	7%		Retraité	13%	17%	
	Sans profession	1%	1%		Sans profession	2%	2%	
	A la recherche d'un emploi	2%	1%		A la recherche d'un emploi	1%	0%	

Source : Réalisé par l'auteur

1.2 - Un arbitrage réel lors des scénarios d'EPD

Grâce à une première analyse des données de préférences déclarées collectées auprès de l'échantillon, nous observons que les mises en situation fictives ont été efficaces puisqu'elles ont donné lieu à de réels arbitrages quant au mode de transport choisi. On peut voir que les enquêtés n'ont pas toujours opté pour le mode qu'ils utilisent au quotidien, ce qui confirme que les situations fictives ont suscité un arbitrage auprès des répondants (Figure 42).

Figure 42 – Réponses aux scénarios d'epd Vs mode utilisé



Source : Réalisé par l'auteur

De manière générale les utilisateurs du train sont plus enclins à abandonner le mode qu'ils utilisent habituellement. On note également qu'une part conséquente de conducteurs a préféré le train à la voiture lors des mises en situation fictives, malgré un attachement supposé fort à leur mode de prédilection.

1.3 - Des données de qualité moindre pour motif de déplacement « études »

Lors de l'enquête de présélection de l'échantillon d'EPD, les individus étaient interrogés lors d'un déplacement pour motif : « travail »⁴⁶, « domicile », « achat », « loisir », « étude », « accompagnement » ou « autres ». Aucun quota n'a été imposé en la matière. Tout d'abord, car une analyse précise en fonction du motif ne faisait pas partie des objectifs de l'étude, mais également car le budget alloué à l'enquête ne le permettait pas. Chaque catégorie de motif prise indépendamment ne permet donc pas à elle seule un traitement représentatif, c'est pourquoi ils ont été regroupés en trois catégories: « travail », « étude » et « autres ».

Malgré cela, nous pouvons nous interroger sur la pertinence de l'échantillon en ce qui concerne les déplacements « étude » qui regroupent des écoliers, des collégiens et

⁴⁶ Pour les motifs « travail », il s'agit uniquement de déplacements pendulaires, à distinguer des déplacements professionnels.

des étudiants. Tout d'abord, ils ne constituent que 10,4 % de l'échantillon total de l'EPD, soit 42 personnes. Ensuite, les personnes interrogés lors de déplacements « étude » sont presque exclusivement captives. Ils ne sont que 12% à utiliser une voiture comme conducteur et à en connaître, par voie de conséquence, les implications. Dans ces conditions, difficile d'affirmer que ces enquêtés sont à même de juger des conditions de voyage en voiture proposées au sein des scénarios.

Les estimations par logit simple segmentées selon le motif de déplacement apportent un élément de réponse puisque certains résultats obtenus sont incohérents (cf. Annexe 14).

Pour l'ensemble de ces raisons, nos analyses se focalisent sur les déplacements pour motifs « travail » et « autres ».

2 - Estimations des données d'EPD

2.1 - Estimations par Logit simple

Lors des scénarios de préférences déclarées, les individus interrogés choisissent parmi deux modes de transport pour réaliser le même trajet que celui qu'ils réalisaient lors de l'enquête de pré-sélection. L'utilité associée au train et à la voiture est fonction des caractéristiques respectifs de chaque mode (x_T, x_{VP}) , de l'utilité marginale de chaque attribut (β_T, β_{VP}) et du terme d'erreur associé à chaque mode de transport $(\varepsilon_T, \varepsilon_{VP})$. Chaque personne compare l'utilité qu'il retire en se déplaçant en train (U_T) et en voiture (U_{VP}) et opte pour le mode de transport qui lui procure le niveau d'utilité le plus élevé. Le différentiel d'utilité entre train et voiture est représenté par :

$$\Delta U = U_T(x_T, \beta_T, \varepsilon_T) - U_{VP}(x_{VP}, \beta_{VP}, \varepsilon_{VP}) = \beta' \Delta x + \varepsilon_T - \varepsilon_{VP} \geq 0$$

Les fonctions d'utilité associées à chaque mode de transport se composent pour le train : du prix (P_T) , du temps de parcours (T_T) , d'un retard éventuel (R_T) , de la fréquence de passage des trains (F_T) et de la lisibilité des horaires (L_T) ; et pour la voiture : du prix (P_{VP}) , du temps de parcours (T_{VP}) et d'un retard éventuel (R_{VP}) . La constante (β_{VP}) est intégrée à la fonction d'utilité de la voiture. La variable $(Mode_{réel})$ représente le mode utilisé par l'enquêté au cours de l'enquête de pré-sélection, pour réaliser le déplacement, elle est propre à chaque individu et est également intégrée dans la fonction d'utilité de la voiture.

$$U_T = \beta_{P_T} \cdot P_T + \beta_{T_T} \cdot T_T + \beta_{R_T} \cdot R_T + \beta_{F_T} \cdot F_T + \beta_{L_T} \cdot L_T + \varepsilon_T$$

$$U_{VP} = \beta_{VP} + \beta_{P_{VP}} \cdot P_{VP} + \beta_{T_{VP}} \cdot T_{VP} + \beta_{R_{VP}} \cdot R_{VP} + Mode_{réel} + \varepsilon_{VP}$$

Les premières estimations sont réalisées à partir d'un logit simple et reposent donc sur l'hypothèse de constance d'un individu à un autre des coefficients représentant l'utilité marginale associée à chaque attribut. Selon l'hypothèse que les termes d'erreurs suivent une distribution de Gumbell, la probabilité que l'individu n choisisse de se déplacer en train s'écrit :

$$P_n^T = P(\Delta x_n, \beta) = \frac{e^{\beta' \Delta x_n}}{1 + e^{\beta' \Delta x_n}}$$

Sur la base du choix y_n de chaque individu, codifié par la valeur 0 lorsque la voiture est choisie et par la valeur 1 lorsque le train est préféré, nous estimons les paramètres β par le maximum de vraisemblance sur la base de la fonction log de vraisemblance de P_n^T :

$$\ln L = \sum_n \ln P_n = \sum_n \sum_T y_n \ln P_n^T$$

Nous recherchons ensuite les valeurs des paramètres à estimer β qui maximisent le logarithme de la fonction de vraisemblance.

D'après les résultats d'estimations réalisées à partir d'un logit simple (cf. Annexe 14), nous calculons les valeurs monétaires associées à chaque attribut (Tableau 44 –). Elles correspondent à un taux marginal de substitution entre deux coefficients. On obtient par exemple la valorisation monétaire du temps de parcours en voiture en calculant :

$$\frac{\beta_{T_{VP}}}{\beta_{P_{VP}}}$$

Tableau 44 – Valeurs monétaires des attributs d'EPD d'après une estimation par logit simple

Mode	Attributs		Motif du déplacement		
			Déplacement "Travail"	Déplacement "Etude"	Déplacement "Autres"
Voiture	Temps de parcours	€ / heure	17,89	51,32	17,33
	Retard	€ / heure	5,19	50,43 *	3,30 **
Train	Temps de parcours	€ / heure	11,02	15,99	12,27
	Retard	€ / heure	10,59	27,22 **	35,80
	Lisibilité des horaires	€	1,36 *	-1,71 **	-1,91 **
	Fréquence de passage des trains	€ / train supplémentaire / heure	0,42 **	1,12 **	0,84 **

*nb. : ** les coefficients ne sont pas significatifs, * les coefficients sont significatifs à un seuil de confiance de 90%.*

Source : Réalisé par l'auteur

Les valeurs obtenues pour une heure passée en voiture sont cohérentes même si elles s'avèrent supérieures à celles habituellement recommandées en France (Commissariat général du plan, 2001).

Chaque minute passée en voiture est en moyenne valorisée par les enquêtés à hauteur de 17,9 € / heure pour motif de déplacement « travail » (0,3 €/min) et de 17,3 € / heure pour motif de déplacement « autres » (0,29 €/min). Le rapport Boiteux (Commissariat général du plan, 2001), recommande l'utilisation de valeurs du temps comprises entre 8,4€/h et 13,7€/h selon la distance du déplacement.

En ce qui concerne les déplacements « étude », les résultats sont en revanche incohérents. La valeur du temps en voiture est de 51,3 € / heure (0,85 €/min). La valeur du temps lors de déplacements « autres » est pertinente et significative.

Pour ce qui est des conditions de voyage en train, la valeur du temps de parcours est également en adéquation avec les recommandations du rapport Boiteux (Commissariat général du plan, 2001) dont les valeurs de références sont comprises entre 10,7€/h et 32,3€/h selon la distance du déplacement et le niveau de confort⁴⁷.

Quel que soit le motif, la valeur du temps de parcours pour les déplacements en train est plus faible que lors d'un déplacement en voiture. Les valeurs du temps estimées lors de déplacements en train pour motif « autres » et « étude » sont cohérentes et significatives.

Les valeurs monétaires associées à une heure de retard en voiture sont très faibles et inférieures à celles du temps de parcours. Pour les motifs « étude » et « autres », elles ne sont pas significatives.

Si les résultats quant au temps de retard en train sont plus cohérents, des différences importantes sont à noter selon le motif du déplacement. Cet attribut n'est pas significatif en ce qui concerne le motif « étude ». Pourtant, les enquêtés se déplaçant pour ce motif sont des habitués du train.

Des valeurs plus élevées lors de déplacements « travail » étaient par ailleurs attendues.

Pour ce qui est du motif « autres », les résultats sont moins surprenant même si une valeur du retard de 35,8 €/h semble particulièrement élevée.

La fréquence de passage des trains et la lisibilité des horaires sont valorisées de façon assez similaire quel que soit le motif de déplacement. Par contre, seule la lisibilité des horaires est significative pour le motif « travail » et pour un seuil de confiance de 90 %. Les enquêtés sont prêts à payer en moyenne jusqu'à 1,4 € par déplacement pour des horaires lisibles, ce qui est loin d'être négligeable compte tenu des prix d'achat des billets (cf. Annexe 9). Dans les autres cas, ces deux attributs ne sont pas significatifs. Les coefficients estimés de la lisibilité des horaires prennent même des valeurs négatives.

Au regard de ces premières estimations, nous constatons avant tout que les valeurs du temps de parcours et du temps de retard pour motif « étude » sont anormalement élevées. La valeur du temps de parcours est trois fois supérieure à ce qui est observé pour les autres motifs. La valeur d'une heure de retard est jusqu'à dix fois supérieure. Rien ne justifie une valorisation du temps aussi importante de la part des scolaires, des lycéens et des étudiants.

Ces estimations confirment que les personnes interrogées lors d'un déplacement « étude » n'ont pas été à même de juger des conditions de voyage en voiture. L'attribut prix en voiture n'est d'ailleurs pas significatif en ce qui concerne les

⁴⁷ Le confort est pris en compte, dans le rapport Boiteux, par l'intermédiaire de la classe dans laquelle est effectué le voyage.

déplacements « étude » alors qu'il l'est sans équivoque pour les autres motifs. Nous ne prenons donc pas en compte ce segment de l'échantillon lors des estimations. Cela rappelle l'importance de construire des scénarios réalistes, liés à ce qu'expérimentent au quotidien les enquêtés afin que les choix déclarés se fondent sur des attributs connus dont les effets ont déjà été ressentis.

Ces résultats montrent également que le temps de parcours et le prix des déplacements restent les principaux critères pris en compte lors du choix modal, sans permettre de conclure pour l'instant quant à l'influence du cadencement en la matière.

2.2 - Tests d'égalité des coefficients

Nous souhaitons tester si les coefficients des fonctions d'utilité doivent être représentés de manière générique ou propre à chacune des alternatives. En d'autres termes, le temps de parcours, le temps de retard et le prix sont-ils considérés de la même manière en train et en voiture ?

Le Tableau 45 – donne les résultats d'un test du rapport de vraisemblance. Ce sont les probabilités critiques associées à ces tests ($Pr(>|t|)$), soit la probabilité de rejeter à tort l'hypothèse, qui sont indiquées et qui valident ou invalident l'hypothèse d'égalité des coefficients entre les alternatives. Pour un seuil de confiance habituel de 95%, si la probabilité critique est inférieure à 0,05, nous rejetons l'hypothèse d'égalité. Les résultats de ce test sont identiques à ce qui est observé à partir d'un test de Wald.

Tableau 45 – Tests de l'égalité des coefficients (rapport de vraisemblance)

Motifs de déplacement	Les coefficients sont identiques pour:			
	Coût du déplacement	Temps de parcours	Ponctualité	Coût, Temps et Ponctualité
Motif "Travail"	0,41	0,13	0,21	0,23
Motif "Etude"	0,48	0,17	0,85	0,48
Motif "Autres"	0,84	0,15	0,02	0,004

Source : Réalisé par l'auteur

Pour un seuil de confiance de 5%, nous ne rejetons pas l'hypothèse que les coefficients sont génériques sauf pour le motif « autres » en ce qui concerne la ponctualité et l'hypothèse jointe. Coût du déplacement et temps de parcours sont donc pris en compte de manière identique quel que soit le motif de déplacement.

2.3 - Estimations par logit mixte

Afin de prendre en compte l'hétérogénéité des perceptions au sein de notre échantillon, un logit mixte est mieux adapté. Ainsi, l'importance que chaque enquêté attache aux différents attributs du train et de la voiture varie d'un individu à un autre. Les fonctions d'utilité associées au train et à la voiture s'écrivent de la même manière

que lors de l'estimation précédente par logit simple et les termes d'erreurs suivent une distribution de Gumbel.

L'utilité marginale de chaque attribut $(\beta_{nT}, \beta_{nVP})$ est désormais aléatoire, propre à chaque individu et est représentée par une moyenne mais aussi par un écart type et des corrélations.

Compte tenu de la fonction de probabilité d'un logit mixte, la probabilité que l'individu n choisisse de se déplacer en train s'écrit :

$$P_n^T = P(\Delta x_n, \beta_n) = \frac{e^{\beta_n' \Delta x_n}}{1 + e^{\beta_n' \Delta x_n}}$$

L'estimation est réalisée selon la méthode du maximum de vraisemblance.

Lors de l'EPD, les individus étaient confrontés à cinq scénarios successifs. Notre échantillon présente donc une dimension de panel puisque les réponses fournies pour les cinq scénarios proposés à un même individu correspondent aux mêmes paramètres β . Cette dimension panel doit être prise en compte. Pour se faire, il faut inclure dans la fonction de vraisemblance la probabilité jointe associée aux cinq scénarios soumis à chaque individu. Il s'agit désormais, lors de l'estimation de β , de définir pour chaque individu cinq probabilités de choix, fonctions des caractéristiques respectifs de chaque mode au sein des scénarios (x_T, x_{VP}) et pour des paramètres aléatoires β identiques : $P_{n1} = P(\beta_n, \Delta x_{n1})$, $P_{n2} = P(\beta_n, \Delta x_{n2})$, ..., $P_{n5} = P(\beta_n, \Delta x_{n5})$.

Nous obtenons la probabilité globale simulée et la fonction log de vraisemblance simulée à partir de la moyenne arithmétique de l'ensemble des résultats obtenus à partir des tirages.

Nous retenons tout d'abord le temps de parcours, le retard, la fréquence en train et la lisibilité des horaires, comme paramètres aléatoires de la fonction d'utilité. Dans un premier temps, les paramètres aléatoires sont représentés par une distribution normale.

Il est possible lors de l'estimation de prendre en compte des corrélations entre les paramètres aléatoires grâce à une décomposition de Cholesky. Pour deux paramètres aléatoires caractérisés par une matrice de variance – covariance Ω , la matrice de Cholesky suivante, notée C , et construite de manière à ce que $C^T C = \Omega$, permet d'introduire des corrélations entre paramètres.

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ 0 & c_{22} \end{pmatrix}$$

$$C^T C = \begin{pmatrix} c_{11}^2 & c_{11}c_{12} \\ c_{11}c_{12} & c_{12}^2 + c_{22}^2 \end{pmatrix} = \Omega$$

Il est alors possible de conclure à l'existence ou non de corrélations significatives à partir d'un test du rapport de vraisemblance opposant un modèle non contraint avec corrélations et un modèle contraint sans corrélations.

Nous réalisons ce test pour chaque motif de déplacement.

Pour motif « travail », le logarithme de la vraisemblance avec des paramètres aléatoires distribués selon des lois normales est de -391,5 avec corrélation et de -394,3 sans corrélations. Une valeur de 5,6 comme résultat du test est donc obtenu. Nous comparons les résultats du test à une distribution de χ^2 avec six degrés de liberté pour un seuil de confiance de 95% (12,5). Nous ne rejetons pas l'hypothèse selon laquelle il n'y a pas de différences entre un modèle avec et sans corrélations. Nous ne prenons donc pas en compte les corrélations entre paramètres lors de nos estimations.

Pour motif « autres », le logarithme de la vraisemblance avec des paramètres aléatoires distribués selon des lois normales est de -358,76 avec corrélation et de -360,96 sans corrélations. Nous obtenons une valeur de 4,4 pour ce test. L'hypothèse selon laquelle les modèles avec et sans corrélations sont identiques est ici encore rejetée. Les corrélations entre paramètres ne sont donc pas prises en compte lors des estimations.

Nous retenons donc désormais les estimations d'un logit mixte avec dimension de panel ; paramètres du temps de parcours, du retard, de la fréquence en train et de la lisibilité des horaires aléatoires non corrélés ; suivant une distribution normale. Les résultats de ce modèle pour les motifs « travail » et « autres » sont regroupés Tableau 46 -. Les écarts types de chaque coefficient aléatoire sont également présentés après les coefficients estimés de l'ensemble des attributs.

Tableau 46 – Estimation par Logit mixte - Segmentation par motif de déplacement - Distributions normales des paramètres aléatoires non corrélés

Motif de déplacement	Attributs	Coefficient	Ecart Type	Pr(> t)		
"Travail"	β_{VP}	3,464	0,500	0,000		
	P	-0,284	0,055	0,000		
	T	-0,061	0,013	0,000		
	R	-0,058	0,016	0,000		
	L_T	0,514	0,266	0,053	*	
	F_T	0,332	0,123	0,007		
	$Mode_{réel}$	-4,435	0,506	0,000		
	Ecarts types des paramètres aléatoires					
	T	0,046	0,025	0,071	*	
	R	-0,003	0,241	0,989	**	
	L_T	-0,726	0,669	0,277	**	
	F_T	0,970	0,138	0,000		
	"Autres"	β_{VP}	2,087	0,409	0,000	
P		-0,131	0,032	0,000		
T		-0,042	0,011	0,000		
R		-0,054	0,017	0,002		
L_T		-0,353	0,290	0,224	**	
F_T		-0,305	0,141	0,029		
$Mode_{réel}$		-4,837	0,579	0,000		
Ecarts types des paramètres aléatoires						
T		0,018	0,031	0,573	**	
R		0,082	0,046	0,075	*	
L_T		-0,433	1,069	0,685	**	
F_T		1,263	0,184	0,000		

"Travail": Log-Likelihood: -394.3 / McFadden R²: 0.373

"Autres": Log-Likelihood: -360.9 / McFadden R²: 0.399

nb.:** les coefficients ne sont pas significatifs, * les coefficients sont significatifs à un seuil de confiance de 90%. Source : Réalisé par l'auteur

Les estimations par logit mixte confirment tout d'abord que le temps de parcours, le retard éventuel et le coût du déplacement sont des éléments fondamentaux lors du choix du mode de transport.

La variable $Mode_{réel}$ atteste également d'un attachement fort des enquêtés à leur mode de transport. Quel que soit le motif de déplacement, $Mode_{réel}$ est une variable significative au sein du modèle avec une probabilité critique proche de 0. L'habitude fait donc bien partie des éléments importants qui influencent les individus lorsqu'ils font le choix de leur mode de transport.

La constante (β_{VP}), qui est significative quel que soit le motif de déplacement, montre qu'il y a, parmi les éléments explicatifs du choix modal qui n'apparaissent pas dans le modèle (confort, sécurité, ...) et qui sont regroupés au sein du terme d'erreur, des

éléments qui sont favorables à la voiture. Il existe donc une préférence naturelle, un attachement particulier à utiliser la voiture ou à l'inverse une réticence à prendre le train. Cet attachement s'avère plus fort pour les personnes enquêtées lors d'un déplacement pour motif « travail » que pour motif « autres ».

Ces estimations par logit mixte montrent aussi qu'il existe des particularités selon le motif du déplacement :

- Le temps de parcours est valorisé 12,9 € / heure pour motif « travail » (0,21 €/min) et 19,2 € / heure pour motif « autres » (0,32 €/min). L'influence du retard, exprimé en valeur monétaire, s'élève à 12,9 €/heure pour motif « travail » (0,21 €/min) et à 24,7 €/heure pour motif « autres » (0,41 €/min).
- La lisibilité des horaires est uniquement significative pour les déplacements « travail ». Lors de déplacements pendulaires, les enquêtés sont en moyenne prêts à payer jusqu'à 1,8 € par billet pour des horaires réguliers.
- La fréquence de passage des trains est significative pour les déplacements « travail » mais prend une valeur négative pour les déplacements « autres ».

Ces estimations permettent également d'affiner le calage de notre modèle. Les caractéristiques des écarts types des paramètres aléatoires mettent en évidence que certains attributs sont valorisés de façon très proche pour l'ensemble de la population. Pour les motifs « travail » et « autres », c'est le cas du retard, du temps de parcours et de la lisibilité des horaires puisque leurs écarts-types ne sont pas significatifs.

La fréquence de passage des trains a un écart type très significatif et joue un rôle important dans la compréhension des logiques de choix modal de notre échantillon.

Sur la base de ces constats, nous estimons un nouveau modèle en limitant le nombre de paramètres aléatoires. Le temps de parcours, le retard et la lisibilité des horaires sont des paramètres désormais fixes. L'estimation réalisée est présentée Tableau 47 -. Pour chacun des motifs, nous comparons à l'aide de tests de rapport de vraisemblance ces nouvelles estimations aux précédentes. L'hypothèse selon laquelle la fréquence est le seul paramètre aléatoire n'est jamais rejetée. En effet, le résultat du test est de 0,8 pour le motif « travail » et de 2,8 pour le motif « autres ». La valeur du χ^2 avec 3 degrés de liberté pour un seuil de confiance de 95% est de 7,8.

Tableau 47 – Estimation par Logit mixte - Segmentation par motif de déplacement - Distributions normales de la fréquence de passage des trains

Motif de déplacement	Attributs	Coefficient	Ecart Type	Pr(> t)
"Travail"	β_{VP}	3,300	0,415	0,000
	P	-0,262	0,049	0,000
	T	-0,056	0,010	0,000
	R	-0,056	0,015	0,000
	L_T	0,439	0,237	0,065 *
	F_T	0,323	0,117	0,006
	$Mode_{réel}$	-4,203	0,379	0,000
	<i>Ecarts types des paramètres aléatoires</i>			
	F_T	0,938	0,124	0,000
"Autres"	β_{VP}	1,979	0,355	0,000
	P	-0,119	0,029	0,000
	T	-0,036	0,009	0,000
	R	-0,051	0,014	0,000
	L_T	-0,269	0,251	0,284 **
	F_T	-0,269	0,128	0,035
	$Mode_{réel}$	-4,526	0,441	0,000
	<i>Ecarts types des paramètres aléatoires</i>			
	F_T	1,150	0,146	0,000

"Travail": Log-Likelihood: -394.7 / McFadden R²: 0.373

"Autres": Log-Likelihood: -362.3 / McFadden R²: 0.397

nb.:** les coefficients ne sont pas significatifs, * les coefficients sont significatifs à un seuil de confiance de 90%. Source : Réalisé par l'auteur

Les quartiles caractéristiques des distributions normales de la fréquence, unique paramètre aléatoire, sont présentés Tableau 48 –.

Tableau 48 – Estimation par Logit mixte - Segmentation par motif de déplacement - Distributions normales de la fréquence de passage des trains

	Motif de déplacement	Attributs	Q1	Médiane	Q3
Distribution normale	"Travail"	F_T	-0,310	0,323	0,956
	"Autres"	F_T	-1,045	-0,269	0,507

Source : Réalisé par l'auteur

D'après ces résultats, la fréquence est un attribut qui influence négativement l'utilité du train pour plus de 25% de l'échantillon pour motif « travail » et pour plus de 50% de la population pour motif « autres ». Cela correspond en fait aux enquêtés qui n'attribuent aucune importance à la fréquence de passage des trains. Les valeurs apparaissent négatives du fait de la distribution normale attribuée à ce paramètre. C'est pour cette même raison que la valeur moyenne du coefficient de la fréquence pour motif « autres » est négative. Nous observons donc si l'utilisation d'autres distributions s'avérerait plus pertinente.

2.4 - Estimation par logit mixte selon plusieurs distributions

Le choix des distributions qui représentent les paramètres aléatoires influence fortement les résultats obtenus. Les caractéristiques de chaque distribution (longueur de la queue de distribution et existence ou non de valeurs négatives) vont déterminer la représentation qui est faite de chaque paramètre aléatoire.

Au regard des effets attendus du paramètre aléatoire sur l'utilité, nous considérerons des distributions normale, triangulaire, uniforme et log-normale. En ce qui concerne la fréquence, nous retiendrons également une distribution normale censurée.

En ce qui concerne la fréquence de passage des trains, nous attendons *a priori* un attribut à l'effet positif ou nul sur l'utilité. Nous estimons malgré tout le modèle avec ces cinq distributions pour la fréquence.

Tableau 49 – Caractéristiques de la fréquence selon plusieurs distributions

	Motif de déplacement	Attributs	Q1	Médiane	Q3
Distribution normale	"Travail"	F_T	-0,310	0,323	0,956
	"Autres"	F_T	-1,045	-0,269	0,507
Distribution triangulaire	"Travail"	F_T	-0,163	0,392	0,950
	"Autres"	F_T	-0,667	-0,286	0,094
Distribution uniforme	"Travail"	F_T	-0,315	0,412	1,138
	"Autres"	F_T	-1,217	-0,307	0,603

Source : Réalisé par l'auteur

Les distributions normale, uniforme et triangulaire donnent des résultats similaires. Chacune de ces distributions permet néanmoins à la fréquence de prendre une valeur négative. Une part importante de l'échantillon n'accorde pas d'importance à la fréquence de passage des trains et cela ce traduit pour chacune de ces trois distributions par un coefficient négatif.

Pour les déplacements « travail », lorsqu'une distribution normale est retenue 36,5% des enquêtés ont un coefficient négatif, 35,8% avec une distribution uniforme et 31,4% avec une distribution triangulaire. La valeur moyenne des coefficients est comprise pour ces trois estimations entre 0,32 et 0,41 soit des valorisations monétaires moyennes allant de 1,23 € à 1,60 € par billet pour un train supplémentaire chaque heure⁴⁸.

Pour les déplacements « autres », lorsqu'une distribution normale est retenue 59,2% des enquêtés ont un coefficient négatif, 69,6% avec une distribution uniforme et 58,4% avec une distribution triangulaire. La valeur moyenne des coefficients est alors comprise entre -0,27 et 0,31 soit des valorisations monétaires moyennes allant de 2,26 € à 3,18 € par billet pour un train supplémentaire chaque heure⁴⁹.

⁴⁸ On note (valeur du coefficient de la fréquence / valeur du coefficient du prix). Distribution normale : (0,323 / -0,262) ; triangulaire : (0,393 / -0,265) ; uniforme : (0,412 / -0,256).

⁴⁹ On note (valeur du coefficient de la fréquence / valeur du coefficient du prix). Distribution normale :

Les valeurs moyennes sont néanmoins difficilement interprétables dans la mesure où elles sont fortement influencées par les valeurs négatives de la distribution. On peut observer également la distribution des valeurs monétaires au sein de l'échantillon (Tableau 50 –).

Tableau 50 – Valeurs monétaires de la fréquence selon plusieurs distributions

	Motif de déplacement	Attributs	Q1	Médiane	Q3
Distribution normale	"Travail"	F_T	-1,2	1,2	3,6
	"Autres"	F_T	-8,8	2,3	4,3
Distribution triangulaire	"Travail"	F_T	-0,6	1,5	3,6
	"Autres"	F_T	-7,4	-3,2	1,0
Distribution uniforme	"Travail"	F_T	-1,2	1,6	4,4
	"Autres"	F_T	-10,4	2,6	5,2

Source : Réalisé par l'auteur

Les distributions « normale censurée » et « log normale » sont plus en accord avec la réalité puisque la fréquence n'a pas de valeurs négatives. Cependant, les modèles ont du mal à converger et nous avons dû estimer successivement des modèles pour lesquels la moyenne ou l'écart type étaient fixes pour finalement relâcher ces contraintes lorsque l'on se situe à proximité de l'optimum.

En ce qui concerne les déplacements « travail », la distribution comprend très largement des valeurs positives. Les valeurs négatives correspondent à des individus n'accordant aucune importance à la fréquence de passage des trains. L'utilisation d'une distribution « log normale » est donc pertinente. Les résultats pour une distribution « normale censurée » sont en revanche plus contrastés puisque au moins 50% des enquêtés n'accorderaient aucune importance à la fréquence.

De même pour les déplacements « autres », les résultats aboutissent à ce que plus de la moitié des individus aient une valeur négative. Ainsi, utiliser ces distributions reviendrait à modifier profondément la réalité de manière à ce que les distributions affichent des résultats positifs ou nuls pour l'ensemble de ces individus. Il n'y a pas de sens à estimer un modèle avec une distribution « normale censurée » et « log normale » pour motif « étude ».

Tableau 51 – Caractéristiques de la fréquence selon plusieurs distributions

	Motif de déplacement	Attributs	Q1	Médiane	Q3
Distribution normale censurée	"Travail"	F_T	0	0	1,845
Distribution log-normale	"Travail"	F_T	0,097	0,420	1,825

Source : Réalisé par l'auteur

(-0,269 / -0,119) ; triangulaire : (-0,286 / -0,090) ; uniforme : (-0,307 / -0,117).

En conclusion de ces estimations, les distributions log normale et normale censurée sont plus pertinentes d'un point de vue économique. Cependant, difficile de trancher modèle du fait des convergences difficiles de ces modèles.

Ces estimations montrent néanmoins que la perception de la fréquence est très éparse au sein de l'échantillon. Si une part importante variant d'environ un à deux tiers de l'échantillon selon la distribution n'accorde aucune importance à la fréquence, c'est en revanche un élément décisif pour les autres personnes enquêtées.

E - Conclusion

La mise en place d'une enquête préférences déclarées était nécessaire pour évaluer l'impact du cadencement qui se traduit dans son ensemble par : des fréquences accrues, une meilleure lisibilité des horaires et une plus grande fiabilité des temps de parcours.

Au cours de la réalisation de cette enquête qui s'est faite en trois temps, une attention toute particulière a été portée sur la personnalisation des scénarios.

Finalement, de nombreuses informations sur les relations de la population au choix modal et au cadencement ont été récoltées. Ces informations sont qualitatives, notamment lorsqu'elles sont issues des *focus* groupes et plus particulièrement quantitatives lorsqu'elles proviennent des EPD qui ont été menées.

L'étude met clairement en évidence des effets positifs du cadencement. Les composantes du cadencement sont toutes ressenties positivement et significativement lors du choix. La fréquence est un paramètre fondamental de l'offre ferroviaire et un levier puissant en vue de renforcer l'attractivité de ce mode.

Si cette enquête montre que le cadencement renforce l'attractivité du train, elle souligne par ailleurs que l'intermodalité et l'efficacité de l'offre de transports collectifs restent des conditions nécessaires au report modal. Les déterminants plus traditionnels de l'offre, comme le temps de parcours ou le coût, restent les principaux initiateurs du choix modal.

Le regard posé par les personnes enquêtées montre que le train souffre sur ce point de désavantage prégnant face à la voiture.

Une analyse affinée, des conditions de captivité par rapport à un mode, ou encore des contraintes géographiques des origines et des destinations, auraient permis d'approfondir notre étude. Compte tenu de contraintes organisationnelles et financières, ces aspects n'ont néanmoins pas pu être pleinement traité dans le cadre de cette EPD.

Enfin, les résultats obtenus mettent en évidence qu'au-delà des déterminants classiques, l'habitude fait partie intégrante de l'arbitrage des usagers lors du choix du mode de transport. Il influence fortement les préférences des individus et constitue un frein important au report modal.

1 - L'influence du cadencement

Compte tenu de la difficulté de compréhension de la notion de cadencement et au regard de la littérature qui rappelle les liens forts existant entre cadencement des horaires, lisibilité de celles-ci, fréquence de l'offre et fiabilité du service, la compréhension de l'influence réelle du cadencement nécessite une analyse combinée de ces différentes dimensions. L'importance accordée à la lisibilité des horaires ne permet pas à elle seule d'évaluer les bienfaits réels du cadencement.

La lisibilité des horaires est la composante du cadencement la plus visible et c'est pourquoi elle est principalement mise en avant lors de campagnes de communication. Ce n'est cependant pas l'élément le plus déterminant du point de vue des usagers. Une meilleure fréquence est l'aspect fondamental de l'offre qui permet de renforcer

l'attractivité du train. La fiabilité des temps de parcours revêt également un rôle important.

Sur la base de nos estimations, les valeurs monétaires de chaque attribut sont calculées selon le motif de déplacement (cf. Tableau 52 –).

Tableau 52 – Résultats d'épd – Valorisation de chacun des attributs

Attributs	Motif du déplacement	
	Déplacement Pendulaire	Déplacement "Autres" *
Temps de parcours	€ / minute	0,48
	€ / heure	28,9
Retard	€ / minute	0,46
	€ / heure	27,4
Lisibilité des horaires	€	3,72
	minute	7,71
Fréquence de passage des trains	€ / train supplémentaire	2,63
	minute / train supplémentaire	5,75

Source : Réalisé par l'auteur

nb : * Le coefficient estimé n'est pas significatif pour un seuil de confiance de 95%

L'influence d'horaires répétés et aisément mémorisables est particulièrement ressentie lors de déplacements pendulaires. Pour motif « travail », la lisibilité des horaires (L_T) est une variable significative pour un seuil de confiance compris entre 98% et 92%. Cet attribut est valorisé en moyenne à hauteur de 3.72 € par billet. Cela équivaut en moyenne à 7.75minutes de temps de parcours.

Pour les déplacements « autres », la lisibilité des horaires n'est pas, en revanche, en élément significatif.

Le cadencement, de part l'automatisation et la systématisation de l'offre qu'il permet, contribue à réduire les retards des trains et à améliorer la fiabilité.

Une minute de retard est valorisée d'après les résultats de notre enquête à hauteur de 27.4 €/heure pour motif « travail », soit quel que peu moins que la valeur attribuée au temps de parcours. Nous pouvons imaginer que lors de déplacements pour motif « travail », généralement réalisés régulièrement et de manière habituelle par les usagers, le retard est intégré comme une composante à part entière de l'offre. Les usagers connaissent et anticipent le niveau de fiabilité du service, et le retard est ainsi appréhendé dans les mêmes conditions que le temps de parcours.

La valeur monétaire d'une heure de retard est 24.3 €/heure pour motif « autres », soit 30% de plus que celle du temps de parcours (18.7€/heure).

Enfin, l'élément déterminant des politiques de cadencement de l'offre ferrée est la fréquence de passage des trains. La fréquence joue en effet un rôle fondamental pour une part conséquente des enquêtés. En revanche, lorsque l'on observe plus en détail la distribution de F_T , nous notons que des enquêtés n'y accordent aucune importance.

A partir d'une représentation adaptée de la fréquence lors de l'estimation (distribution log-normale), qui permet de révéler la valeur attribuée à la fréquence par les individus lui attribuant de l'importance, nous observons que les enquêtés sont prêts à payer en moyenne environ 4 € par billet pour qu'un train supplémentaire soit en service chaque heure. Cela correspond à la valeur de 20 minutes de temps de parcours.

Les composantes du cadencement contribuent donc toutes à renforcer l'attractivité du train comme mode de déplacement pour la mobilité interurbaine. La fréquence de passage des trains est l'élément le plus important aux yeux des enquêtés. Vient après la fiabilité du temps de parcours, matérialisé par un temps de retard. A noter que ces deux composantes de l'offre sont liées. Enfin la lisibilité des horaires contribue à la satisfaction des voyageurs.

De manière plus générale, lorsque l'on s'intéresse aux déterminants du choix modal dans leur ensemble, le temps de parcours et le coût du déplacement restent des éléments primordiaux.

Le coût du déplacement est extrêmement significatif quel que soit la distribution retenue et le motif de déplacement considéré.

La valeur du temps est de l'ordre de 28.9 €/heure dans le cadre d'un déplacement « travail » et de 18.7€/heure dans le cadre d'un déplacement « autre ».

Ces résultats sont en rapport avec les valeurs de référence du rapport Boiteux II (**Commissariat Général du plan, 2001**) qui s'appuie également sur des estimations issues d'EPD (**Wardman, 1998 ; MVA, 1989 ; Small, 1992**).

Si le cadencement contribue donc à l'attractivité du train, le temps de parcours et le coût du déplacement n'en restent pas moins des déterminants fondamentaux du choix modal.

2 - Une offre en transports collectifs efficace, condition nécessaire au report modal

Lorsque l'on s'intéresse à la mobilité interurbaine comme c'est le cas pour les déplacements que nous avons étudiés entre Toulouse et Montauban ainsi qu'entre Toulouse et Albi, le train et la voiture sont les modes de transport les plus pertinents.

Les résultats de cette analyse rappellent la nécessité de moduler les niveaux d'offre offerts par les transports collectifs ou par les infrastructures routières pour initier un report modal favorable aux transport ferré interurbain. L'offre ferrée doit être compétitive pour offrir une alternative crédible à la voiture, fiable et le plus lisible possible pour limiter la perception négative associée aux temps d'attente et aux retards.

Le retard en train est souvent mal vécu par les usagers. Soit du fait du manque de contrôle détenu sur ce mode, ou bien parce que le retard en train semble injustifié en l'absence de congestion visible ou de raison connue du retard.

A l'inverse, les premières estimations que nous avons réalisées (Tableau 44 –) laissent à penser que les conducteurs internalisent ou acceptent le retard en voiture.

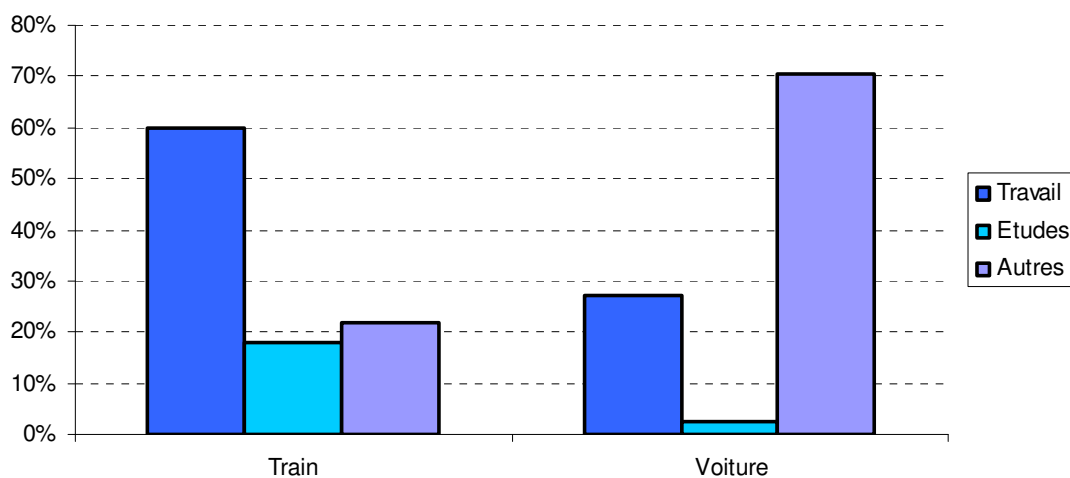
Le motif de déplacement impacte fortement la perception par les individus des alternatives modales à disposition.

Les déplacements « autres » qui regroupent les motifs « achat », « accompagnement », « loisirs » et « autres » se prêtent souvent mal à l'utilisation du train puisqu'ils sont le plus souvent des déplacements secondaires, réalisés au cours de chaînes de déplacement. Les personnes enquêtées au cours de ces déplacements sont généralement des habitués de la voiture, ils sont en l'occurrence 78% à utiliser la voiture au sein de notre échantillon.

Les caractéristiques propres au déplacement, notamment la localisation et l'heure de départ rendent souvent difficile toute concurrence entre le train et la voiture. De nombreuses destinations, pour cause d'offre en transports collectifs non pertinente, obligent à faire recours à un mode individuel. Bien souvent, la contrainte géographique ne rend pas le déplacement impossible à réaliser mais le complique fortement.

De manière générale, les conditions de déplacement plus rigides offertes par le train rendent plus difficile la réalisation de longues chaînes de déplacements. Lorsqu'on observe les motifs de déplacements selon le mode utilisé (Figure 43), on note d'importante opposition entre la mobilité effectuée en voiture et en train. Le train est essentiellement utilisé pour des déplacements pendulaires. La voiture est plus largement utilisée pour les déplacements « autres ».

Figure 43 – Motif de déplacement selon le mode utilisé



Source : Réalisé par l'auteur

Les divergences apparues lors des estimations pour motif « travail » et « autres » s'expliquent en partie par les spécificités géographiques des déplacements réalisés. L'analyse que nous avons effectuée traite partiellement les problématiques de localisation des origines et des destinations qui influencent fortement la pertinence de chaque mode pour un déplacement donné.

A ce titre, les conditions d'intermodalité et de rabattement vers les gares constituent des paramètres essentiels de l'attractivité du train pour des déplacements interurbains.

Le choix modal est le résultat d'un arbitrage entre les niveaux d'utilité offerts par chaque mode. Tous les éléments composant cet arbitrage n'ont néanmoins pas été

pris en compte dans notre étude. En observant les résultats de l'estimation finale, la constante (β_{vp}) montre qu'il y a parmi les éléments explicatifs du choix modal qui n'apparaissent pas dans le modèle (confort, sécurité, ...) et qui sont regroupés dans le terme d'erreur, des éléments qui sont favorables à la voiture. Il y a donc une préférence naturelle, un attachement à prendre la voiture ou à l'inverse une réticence à prendre le train.

Enfin, les facteurs sources de captivité ont une influence fondamentale lors du processus de choix modal. Lors des estimations que nous avons effectuées, aucune des variables socio-économiques retranscrivant la captivité des enquêtés (taux de motorisation, taille du ménage) ne c'est néanmoins avérée significative.

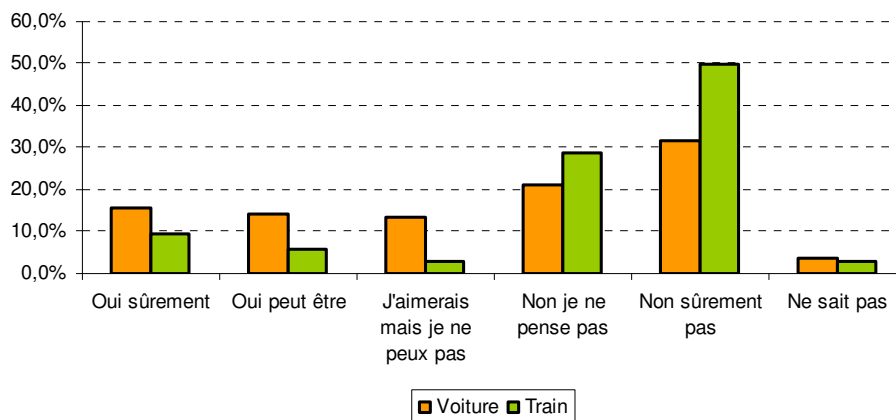
3 - L'habitude, un frein naturel au report modal

Nous pouvons noter, au regard de l'ensemble des résultats obtenus lors de cette étude, que les personnes enquêtées sont souvent fidèles, dans les réponses qu'ils fournissent, au mode qu'elles utilisent dans la réalité.

Lors du passage de l'EPD, 69% des conducteurs interrogés ont choisi la voiture lors des 5 scénarios qui leur ont été proposés. Ils sont 45% des utilisateurs du train à avoir fait de même en faveur du train.

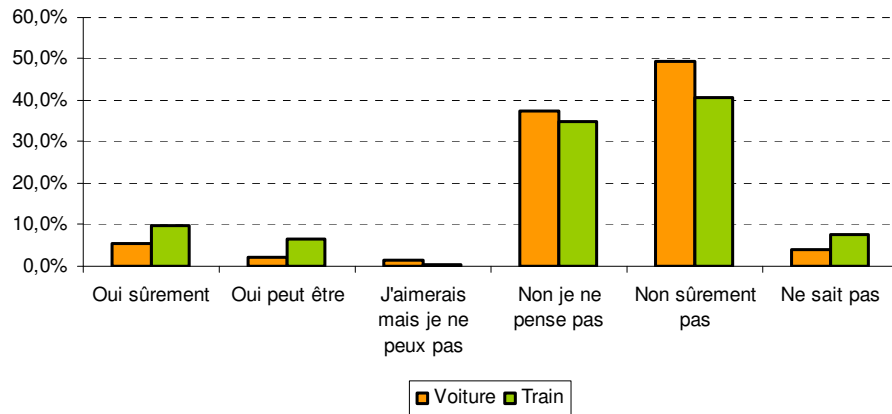
Comme on peut le voir sur (Figure 44 et Figure 45), les enquêtés, qu'ils se déplacent en voiture ou en train, n'ont d'ailleurs guère l'intention de modifier leurs pratiques.

Figure 44– Intention de réduction de l'usage lors de l'année à venir



Source : Réalisé par l'auteur

Figure 45 – Intention d’augmentation de l’usage lors de l’année à venir



Source : Réalisé par l’auteur

Quel que soit le motif de déplacement, la variable $Mode_{réel}$ est la plus significative au sein du modèle retenu avec une probabilité critique proche de 0. Les résultats de l’EPD mettent ainsi en évidence un attachement fort des enquêtés à leur mode de transport.

Plusieurs éléments viennent expliquer cet attachement fort :

- (a) comme nous l’avons évoqué, l’existence d’utilisateurs captifs ne pouvant changer de mode ;
- (b) sans doute la plus grande efficacité d’un mode de transport pour certains déplacements ;
- (c) un bon niveau de satisfaction vis-à-vis du mode utilisé renforce aussi l’attachement particulier à un mode de transport ;
- (d) l’influence fondamentale de l’habitude lors du choix du mode de transport, déterminant subjectif fondamental lorsque s’opère le choix du mode de transport.

L’habitude a pour effet l’association naturelle d’un mode de transport à une destination habituelle de déplacement (**Aarts et al., 2000**) et pour avantage principal l’économie cognitive liée à la non prise en compte d’autres alternatives à disposition (**Gandit, 2007**).

Le rôle de l’habitude dans la détermination du comportement du voyageur est si important que certains n’hésitent pas à penser que le choix du mode de transport est rarement le résultat d’une action raisonnée mais se fait plutôt de manière automatique (**Gandit, 2007**). Les travaux de **Aarts et al. (1997)**, **Verplanken et al. (1999)** ou encore de **Fujii et al. (2003)** apportent du crédit à cette hypothèse.

CHAPITRE 4 : QUELS COMPORTEMENTS DES AUTOMOBILISTES FACE A UN RATIONNEMENT DU CARBONE ? ELEMENTS DE REPOSE SUR LA BASE DE RESULTATS D'UNE ENQUETE PREFERENCES DECLAREES

A - Introduction – Le contexte de l'étude

1 - Objectif facteur 4

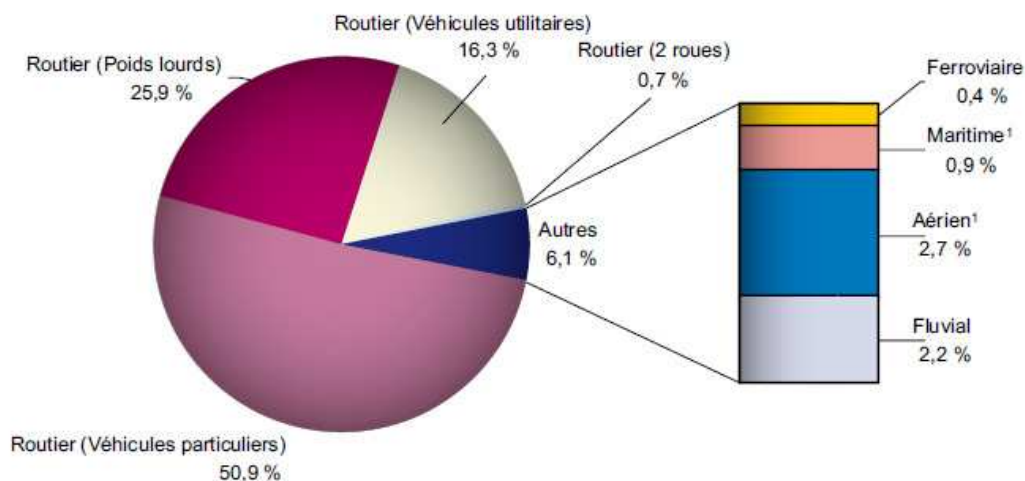
Au cours des vingt dernières années, les orientations stratégiques données aux politiques de transport en France ainsi qu'en Europe ont subi de profondes mutations. Face à l'épuisement des ressources naturelles et au changement climatique, la logique qui primait par le passé visant à développer les infrastructures routières au gré de la demande n'est aujourd'hui plus d'actualité.

Au niveau mondial, le secteur des transports est à l'origine de 13,1% des émissions de gaz à effet de serre⁵⁰. C'est un des secteurs qui a connu la hausse la plus significative en la matière depuis 1990 avec 32% d'émissions supplémentaires.

Au sein de l'union Européenne, 23% des émissions de gaz à effet de serre proviennent du secteur des transports. C'est le transport routier qui est de très loin la première source d'émission de CO₂ puisque 905 Mt CO₂ ont été émises en 2007 soit 94% des émissions totales issues du secteur des transports.

En France également, le secteur des transports est le plus émetteur de gaz à effet de serre (34%), essentiellement du fait des émissions de CO₂ issues du secteur routier qui se situent à 127 Mt CO₂ en 2007. Les déplacements des véhicules particuliers sont source de 50,9% des émissions de CO₂ du secteur des transports français comme on peut le voir sur le graphique suivant.

Figure 46 - Emissions de CO₂ par mode de transport en France métropolitaine (132,6 Mt en 2007)



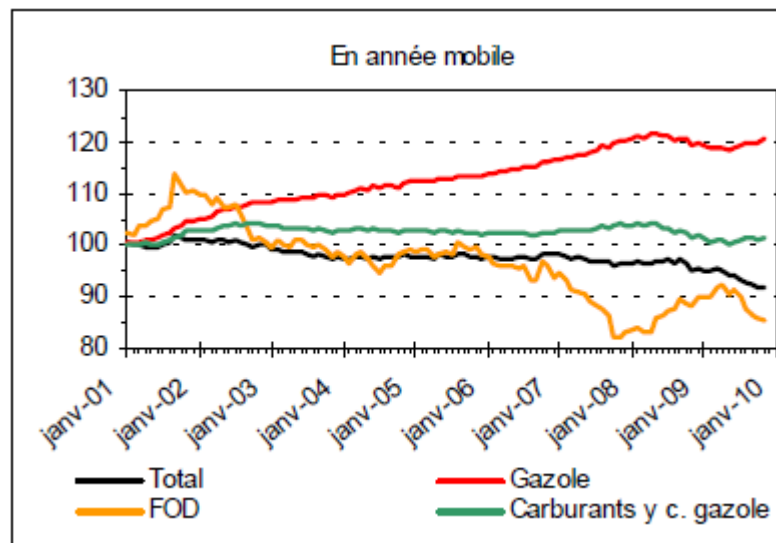
Source : SOes, 2010.

⁵⁰ On regroupe dans les gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone (CO₂), le Méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) et les gaz fluorés (PFC, HFC, SF₆). En 2004, le CO₂ constituait 76,7 % des gaz à effet de serre, le CH₄ 14,2 %, le N₂O 7,9 % et les gaz fluorés 1,1% (SOes, 2010).

Depuis 2004, les émissions dues au transport diminuent sous l'effet conjugué de l'augmentation du prix du pétrole, du ralentissement de l'activité économique et des évolutions technologiques⁵¹.

En ce qui concerne la consommation de produits pétroliers (cf. Figure 47), source énergétique à l'origine de ces émissions, elle diminue depuis 2001 mais essentiellement sous l'impact de la baisse de la consommation de fuel domestique (FOD sur la Figure 47). La consommation de diesel est en hausse et celle des autres carburants reste stable. En 2050, les ressources naturelles ne permettront plus de répondre à la demande actuelle de pétrole.

Figure 47 - Consommation de produits pétroliers corrigée du climat



*Nb : indice base 100 en 2000
Source : SOes, 2010, p.26.*

Dans ce contexte, les gouvernements Européen se sont engagés à trouver des solutions pérennes pour modifier les structures de mobilité des personnes et des marchandises qui transitent aujourd'hui massivement par les routes. Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, la France s'est fixée un objectif de réduction des émissions dues aux transports de 20% à horizon 2020, étape intermédiaire dans la perspective d'une division par quatre de l'ensemble des émissions d'ici à 2050.

Un tel objectif sous entend de profondes mutations économiques et sociales **(Radanne, 2004)** :

(a) Réduire les émissions par quatre sous entend tout d'abord une plus grande maîtrise des véhicules kilomètres parcourus. Rien ne laisse néanmoins à penser que les facteurs qui génèrent la croissance des trafics ne changent au cours des dix années à venir. On y retrouve, « ... *l'aspiration au voyage, la concentration de l'emploi tertiaire et des services*

⁵¹ Les émissions de CO2 moyennes des véhicules neufs immatriculés en 2009 ont été réduites de 10% par rapport à 2006 pour friser les 145 grammes de CO2 au kilomètre. Cette valeur correspond à des consommations moyennes de 6,2 et 5,5 litres aux cent kilomètres selon que le véhicule fonctionne à l'essence ou au diesel.

dans les agglomérations, le développement de l'habitat pavillonnaire en périurbain, le développement des échanges longue distance et l'exigence de rapidité de livraison » (Radanne, 2004).

(b) Une telle baisse des émissions implique aussi une moindre dépendance des véhicules particuliers aux énergies carbonées. La réduction des consommations unitaires l'a déjà permis au cours de ces dernières années mais le temps ou les véhicules n'émettant pas de CO₂ constitueront, aux yeux des automobilistes, une alternative crédible au moteur à combustion interne n'est pas encore d'actualité.

(c) Un autre enjeu clé face à l'objectif du facteur 4 est de proposer des solutions alternatives à la route et au pétrole, notamment par le développement des transports collectifs, des modes doux dans les aires urbaines et celui du transport combiné et du fret ferroviaire pour assurer les échanges internationaux de marchandises. Cependant, les délais de développement des alternatives modales à la route sont longs, notamment entre les villes et « *le rythme de déplacement des parts modales ne peut être que très lent* » (Radanne, 2004).

(d) Enfin, les politiques d'aménagement et d'urbanisme laissent entrevoir une meilleure maîtrise possible de la mobilité grâce à une répartition des activités plus efficace qui permettrait de réduire les distances parcourues ou d'utiliser plus simplement d'autres modes de transport que la voiture.

2 - Outils de régulation de la mobilité

Au regard des profondes modifications nécessaires à la réalisation du facteur quatre, quels sont, à court terme, les outils à disposition en vue de limiter les émissions de CO₂ ?

D'un point de vue économique, pour contrôler la consommation d'un bien public comme l'air ou pour régler les effets externes comme les émissions de CO₂, la collectivité dispose de trois instruments, la régulation **(a)** par les prix à l'aide de la taxation, **(b)** par les quantités à l'aide de la norme uniforme ou de la norme différenciée⁵² et **(c)** grâce à un système de droits négociables (aussi appelés permis).

Comme l'illustre l'exemple suivant, la taxe et le système de droits ont d'un point de vue théorique la même efficacité économique.

Considérons que face à deux entreprises qui émettent chacune 1000 unités de CO₂, le réglementeur se fixe un objectif de réduction des quantités émises de 10% par entreprise.

La Figure 48 représente le coût marginal de réduction des émissions. Il est croissant, réduire les premières émissions est plus facile et donc moins coûteux que les dernières, et constant (par simplification). Chaque entreprise a intérêt à réduire ses émissions tant que le coût marginal de réduction des émissions est inférieur à ce que cela lui coûte de ne pas modifier son comportement en la matière. En l'absence de

⁵² La norme différenciée est une réglementation qui s'impose de manière différente selon l'agent concerné à l'inverse de la norme uniforme qui s'applique de la même manière pour tous.

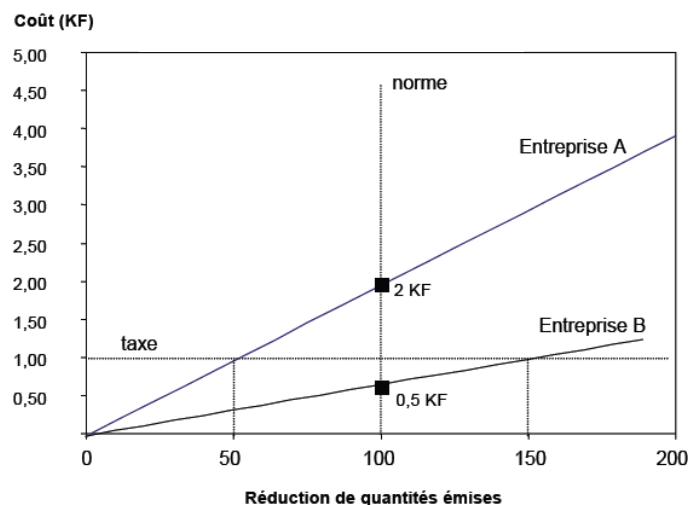
réglementation, aucun agent économique n'est incité à modifier ses habitudes. Le coût de réduction des émissions correspond pour chaque entreprise à l'aire sous la droite de coût marginal pour le montant de réduction de quantités émises correspondant.

Pour que chaque entreprise réduise ses émissions de 100 unités, le réglementeur peut mettre en place une norme uniforme de réduction. Il est interdit d'émettre plus de 900 unités de CO₂. Cette réduction coûterait 125KF, 100KF à l'entreprise A et 25KF à l'entreprise B.

Le réglementeur peut également mettre en place une taxe de 1KF s'appliquant à chaque unité émise. L'entreprise A réduirait alors ses émissions de 50 unités pour un coût de 25KF et l'entreprise B réduirait ses émissions de 150 unités pour un coût de 75KF. Au regard des effets d'une norme uniforme, les résultats en terme de réduction des émissions sont identiques mais obtenus à moindre coût (100KF).

Enfin, le réglementeur peut opter pour un système de droits négociables. Chaque entreprise se voit alloués 900 droits, chacun d'eux correspondant au droit d'émettre une unité de CO₂. L'équilibre s'établit au niveau où le prix des permis (1KF) sera égal au coût marginal de réduction. L'entreprise A aura intérêt à réduire ses émissions de 50 unités et émettra désormais 950 unités. Il lui faudra racheter 50 permis. L'entreprise B aura intérêt à réduire ses émissions de 150 unités et émettra donc 850 unités. Elle pourra revendre 50 permis. Le résultat collectif obtenu par le système de droits correspond à un coût de réduction des émissions de 100KF.

Figure 48 - Coût marginal de réduction des émissions



Source : Raux et marlot, 2001.

L'approche par le marché (taxe ou permis), permet au contraire de la réglementation pure de minimiser le coût de réduction des émissions. Taxe et permis aboutissent dans le cadre de notre exemple aux mêmes résultats.

Cependant, dans la réalité, le réglementeur ne dispose pas des informations sur les coûts de réduction des émissions. Alors, régulation avec une approche *via* un système de taxe ou de permis se distinguent. Un système de permis permet d'assurer, selon le niveau d'allocation de départ, l'atteinte d'un objectif quantitatif de réduction des émissions. Rien ne permet en revanche de s'assurer du coût marginal effectif de cette réduction. A l'inverse, un système de permis permet de garantir le niveau du coût

marginal effectif sans pour autant assurer l'atteinte d'un objectif quantitatif de réduction des émissions. Dans les deux cas, les effets avérés de telles mesures seront fonction des réactions des agents économiques.

Appliquée aux émissions de CO₂ ou de manière plus réaliste à la consommation de carburant, la taxation consiste par exemple à augmenter le prix de l'essence d'un surcoût pouvant être appliqué à tous ou à une partie des litres consommés par un agent. De manière équivalente ou non pour l'ensemble des agents...

Le système de quota de consommation pourrait quant à lui consister à limiter le nombre de litres pouvant être consommés par un agent. Chaque litre étant matérialisé par un permis, ceux-ci sont commercialisés sur un marché. Soit la confrontation de l'offre et de la demande fixe le prix du permis à l'achat et à la revente, c'est alors un marché de permis d'émissions négociables, soit une autorité organisatrice contrôle le niveau du prix, on parle alors de permis d'émissions échangeables. Tout système de droits permet ainsi de rendre flexible le quota de consommation maximum imposé. C'est le principe du système communautaire d'échange de quotas d'émission appliqué depuis 2005 à certaines entreprises du secteur industriel et énergétique de l'Union européenne.

Chacun de ces outils a pour but de modifier l'environnement économique des agents et d'impacter ainsi leurs comportements.

3 - Un système de permis pour les automobilistes ?

Compte tenu des objectifs de réduction des émissions de CO₂ affichés, il est nécessaire d'agir pour réduire l'utilisation aujourd'hui faite de l'automobile. Pour se faire de nombreuses mesures visant à réguler la mobilité en voiture *via* une action sur les prix ou sur la réglementation sont envisageables. Ces mesures peuvent toucher **(Raux, 2007)** **(a)** l'usage des sols et la lutte contre l'étalement urbain, **(b)** l'équipement automobile des ménages, **(c)** la technologie des véhicules, **(d)** le niveau d'usage des véhicules.

A titre d'illustration, nous pouvons citer pèle mêle et de manière non exhaustive les normes constructeurs « euro », le péage urbain, les taxes à l'achat de véhicules, les droits négociables d'importation de véhicule peuvent être mentionnés.

Qu'ils soient environnementaux ou de décongestion, c'est à ce titre que des péages urbains ont été mis en place à Singapour, Londres, Stockholm, Milan... A Londres, à Singapour et à Stockholm, le péage urbain est assimilable à une taxe appliquée aux conducteurs souhaitant accéder au centre ville. A Milan, le péage croise une logique de taxation et une logique de réglementation. Le prix du péage varie en effet de 2 € à 10 € selon l'impact environnemental du véhicule. Partout des baisses de trafic ont été constatées. A Londres, le péage a ainsi permis de réduire dans le centre de la ville les émissions de CO₂ de 19,6% **(Beevers et Carlslaw, 2005)**.

A Rome, ce n'est pas un péage mais une réglementation selon le degré d'émission du véhicule qui a été mise en œuvre. La ville est divisée en quatre anneaux allant du centre à la périphérie. Pour se rendre au cœur de la ville dans l'anneau le plus central, le véhicule doit respecter un niveau d'émission restrictif. Avec un véhicule moins respectueux de l'environnement, il n'est possible de circuler en voiture qu'au sein des deux premiers anneaux...

Des systèmes de taxe selon les niveaux de consommation ou d'émissions des véhicules ont été mis en place dans de nombreux pays. Aux Etats-Unis la «*gazz guzzler tax*» est une taxe qui s'applique aux véhicules particulièrement inefficaces en terme d'émissions de CO₂. En Irlande, une taxe à prix variable selon le véhicule, nommée «*motor tax*», existe également. C'est aussi le cas au Royaume Uni, où une taxe est effective et varie selon le niveau des émissions provoquées par le véhicule.

En Finlande, en Suède, en Allemagne et dans de nombreux autres pays, une taxe supplémentaire est appliquée au carburant au titre de la réduction des émissions de CO₂.

A Singapour, un système de droits négociables à l'importation a été créé. Le nombre de certificats d'importation de véhicules est déterminé chaque année par le gouvernement sur la base des conditions de circulation et de la capacité des routes. Ces certificats sont mis aux enchères chaque année.

Afin d'agir sur le niveau d'usage de la voiture, des actions incitatives plus fortes encore doivent être menées pour que le coût subit par l'utilisateur d'un véhicule émettant du CO₂ reflète mieux le coût social que l'utilisation du véhicule engendre réellement. Une part des coûts externes liés à la voiture serait ainsi internalisée et les coûts externes se réduiraient.

C'est en partie dans cette optique⁵³ que le gouvernement français a souhaité mettre en place la taxe carbone. Mais pourquoi ne pas imaginer un système de droits négociables appliqués aux automobilistes dans la sphère privée et professionnelle ?

L'idée de création d'un marché de permis d'émissions de CO₂ dans les transports a été développée par **Raux et Marlot (2001, 2005), Raux (2007a, 2007b)**. Sans rentrer dans les détails de mise en application, il s'agit de créer un marché de permis fondé sur la consommation de carburant et régulé par une autorité organisatrice. Chaque propriétaire de véhicule se voit attribué chaque année un certain nombre de droits d'émissions de CO₂ qui correspondent à un équivalent en terme de litres de carburant. Selon ses préférences, chaque conducteur est libre d'utiliser ses droits ou de les revendre à d'autres automobilistes. S'il souhaite se déplacer plus que ses permis ne le lui permettent, il peut également racheter des droits sur le marché d'échange. Le système pourrait être contrôlé à la pompe *via* un système de carte magnétique nécessaire à l'achat du carburant.

Un tel système présente *a priori* des avantages importants en terme de développement de la mesure, d'efficacité économique et d'acceptabilité.

Tout d'abord, comme nous l'avons vu, un système de droits apporte des garanties quantitatives en terme de réduction des émissions de CO₂. Cet aspect est non négligeable dans la mesure où les dommages causés à l'environnement sont susceptibles d'augmenter très rapidement.

Ensuite, l'incertitude qui pèse quant au coût de réduction des émissions rend délicate la définition du niveau qui devrait être retenu si une taxe était appliquée.

Un système de droits se présente également comme une alternative crédible à la taxe compte tenu de l'inélasticité de la demande au prix du carburant qui limite les effets de la taxation traditionnelle. Les valeurs d'élasticités prix s'établissent entre -0,3 pour

⁵³ La taxe carbone ne vise pas uniquement les émissions de CO₂ liées aux déplacements en voiture mais aussi les consommations énergétiques.

le court terme et -0,7 pour le long terme (**Goodwin, 1988**). Pour réduire la consommation de 3% à court terme, il faudrait augmenter le prix du carburant de 10%. Les faibles réactions de la demande aux fortes hausses du prix du carburant en 1999 et en 2008 rappellent néanmoins que l'habitude des consommateurs à voir les prix du carburant fluctuer ainsi que le lien entre consommation de carburant et croissance économique rendent les réactions de la demande de carburant moins sensibles aux variations de prix.

En terme d'acceptabilité, le système de droits comporte tout d'abord l'avantage de ne pas être une taxe et ainsi de réduire le risque de blocage, traditionnel face à une nouvelle fiscalité. Ensuite, sa flexibilité peut permettre de prendre en compte les aspects redistributifs du fait de l'allocation initiale de droits, ce qui n'est pas le cas de la taxe. Les niveaux d'allocation initiale de droits peuvent en effet être modulés selon tout type de critère (localisation, taille du ménage, niveau de revenu, ...).

De nombreux éléments doivent être discutés pour être à même de juger lequel de la taxe ou de la réglementation est l'outil le mieux adapté. Parmi les aspects pouvant être mis sur la table, les détails de mise en place jouent un rôle prépondérant en terme de faisabilité pratique et politique d'un tel projet. Comment comparer en revanche l'efficacité de ces systèmes en matière d'incitation auprès des agents économiques concernés ?

4 - Quel niveau d'efficacité d'un système de régulation ?

Lorsque la création d'un système d'incitation à une réduction de la mobilité en modes émetteurs de CO₂ par le biais d'une taxe ou de droits est envisagée, la question de l'efficacité de ces mesures se pose. En faisant fi des considérations relatives **(a)** à la répartition des bienfaits de telles mesures au sein de la population concernée et **(b)** à l'acceptabilité de ces politiques, l'efficacité de ces systèmes de régulation tient à l'ampleur des modifications comportementales qu'elles initient auprès des conducteurs. Pour répondre à cette question, les observations faites au cours de ces dernières années apportent des éléments de réponse sans que cela soit suffisant. Dans ce contexte, la mise en place d'une enquête préférences déclarées (EPD) est nécessaire.

Au cours des cinquante dernières années, les nombreuses fluctuations du cours du pétrole pour des raisons conjoncturelles ou fiscales ont permis d'observer les effets de variations du prix du carburant sur la demande. Prix et consommation de carburant n'évoluent pas forcément conjointement du fait de l'effet de la croissance économique sur la mobilité et de la croissance des revenus sur la consommation de carburant⁵⁴.

A partir de ces informations, il est ainsi possible d'exprimer l'élasticité prix de la demande en terme de variation de trafic (*via* les véhicules kilomètres – véh.km) ou de consommation de carburant.

⁵⁴ La croissance économique a pour effet d'augmenter la mobilité et ainsi la consommation de carburant. De la même manière, plus le niveau de revenu des ménages est élevé, plus ils se déplacent.

Tableau 53 - Valeurs de l'élasticité au prix du carburant selon la période

	Elasticité de la demande de carburant			Elasticité des véh.km réalisés	
	Court Terme	Long Terme	Statique	Statique	
Avant 1974	-0,29	-0,45	-0,56	-0,54	
1974 - 81	-0,35	-0,93	-0,36	-0,32	
Après 1981	-0,16	-0,43	-0,28	-0,24	

Source : Goodwin et al., 2004.

Après 1981, une augmentation du prix du carburant de 10% a donc comme effets à court terme la réduction de la consommation de carburant de 1,6% et du nombre de véh.km réalisés de 2,4% (**Goodwin, 2004**).

Les valeurs de l'élasticité prix de la demande de carburant souvent retenues comme référence sont de -0,3 à court terme (environ un an) et de -0,7 à long terme (environ 5 ans) (**Goodwin, 1988**). Les résultats de **Goodwin (1992)**, **Espey (1998)** et **Graham et Glaister (2002)** qui recourent un grand nombre d'études sur l'élasticité prix de la demande de carburant donnent des valeurs d'élasticités proches.

Tableau 54 - Valeurs de l'élasticité au prix du carburant

	Elasticité de la demande de carburant		Elasticité des véh.km réalisés	
	Court Terme	Long Terme	Court Terme	Long Terme
Goodwin (1992)	-0,27	-0,73	-0,16	-0,32
Espey (1998)	-0,26	-0,58	-	-
Graham et Glaister (2002)	-0,2 / -0,3	-0,6 / -0,8	-0,15	-0,3

Source : Goodwin et al., 2004.

D'après l'étude de **Goodwin et al. (2004)** l'élasticité prix de la consommation de carburant est 1,5 à 2 fois supérieure à l'élasticité prix du trafic (en véh.km). L'élasticité revenue est 1,5 à 3 fois supérieure à l'élasticité prix. L'élasticité de long terme est 2 à 3 fois supérieure à l'élasticité de court terme.

Grâce à ces résultats, nous connaissons la sensibilité du trafic routier et de la consommation de carburant au prix. Sur cette base, il est donc possible, comme l'ont fait **Raux et Marlot (2005)** de réaliser une évaluation socio-économique des effets de la mise en place d'une taxe ou d'un marché de droits sur la mobilité.

En revanche, les élasticités ne délivrent aucune information quant aux attitudes et comportements des conducteurs face à la mise en place d'une taxe ou d'un système de droits. Choisiraient-ils d'adapter leur mobilité en modulant la fréquence ou la portée de leurs déplacements pour réduire le coût de la réglementation ? Préféreraient-ils s'acquitter de la taxe ou des permis pour ne pas modifier leurs habitudes ? Seule une EPD peut permettre de répondre à ces questions et ce particulièrement dans le cas d'un marché de droits puisque cette situation n'a jamais été expérimentée par le passé. Pour cela l'EPD doit être à même de recréer les situations de choix auxquelles les enquêtés seraient confrontés si un rationnement ou une taxe était mis en place.

5 - Objectifs de l'étude

Les enjeux de cette étude sont une meilleure connaissance des réactions de la demande de carburant face à des mesures de rationnement de ce dernier, par les prix ou les quantités.

Puisque les enjeux relatifs aux transports de marchandise et de personnes sont très différents, cette analyse se concentre sur les déplacements motorisés de personnes.

De la même manière, les contraintes qui pèsent sur les individus et les marges de manœuvre à disposition sont différentes dans le cadre de déplacements personnels ou de déplacements professionnels. Cette étude ne traite donc que des déplacements personnels.

Pour que toutes les mobilités des particuliers sources d'émissions de CO₂ soient pris en compte, nous souhaitons intégrer à l'analyse les déplacements réalisés en avion.

Nous ne nous intéressons pas à la manière dont les individus réduiraient leur mobilité en voiture (changement de mode de transport, co-voiturage, suppression de certains déplacements, ...), nous souhaitons quantifier les arbitrages qui seraient réalisés par les individus pour réduire leur mobilité. Ces arbitrages se font-ils en fonction de la distance parcourue ?, du nombre de déplacements ?, du motif de déplacement ? ; existe-t-il des caractéristiques discriminantes qui influencent les réactions comportementales des automobilistes (localisation géographique, taille du ménage, nombre d'enfants, ...) ?...

Il s'agit également de quantifier les effets de la mise en place de contraintes en matière de consommation d'essence sur les pratiques de mobilité des particuliers pour leurs déplacements non professionnels. En l'occurrence, nous voulons observer si la mise en place d'un outil de régulation par les prix (taxe) ou par les quantités (quotas) constitue une incitation efficace en matière de réduction de la mobilité et par corollaire de la consommation de carburant et des émissions de CO₂. Les valeurs usuelles d'élasticités de la demande au prix sont-elles vérifiées face à un système de taxe ou de droits ? Quelles caractéristiques propres aux individus (localisation, taille du ménage, revenu...) influencent la sensibilité au prix ?...

Enfin, grâce à une EPD, nous souhaitons observer si la sensibilité au prix dépend de l'instrument utilisé. Si comme nous l'avons vu d'un point de vue théorique, système de droits et de taxe sont d'une efficacité identique, ces outils sont-ils vraiment perçus de la même manière par les automobilistes ? L'avantage de la revente des droits inutilisés constitue-t-il une incitation supplémentaire à économiser du carburant au-delà de son allocation gratuite ?

B - Méthodologie de l'enquête préférences déclarées

A notre connaissance, deux études traitent à l'aide d'EPD de la réaction des individus face à la mise en place de systèmes de quotas ou de taxe en vue de réduire les émissions de CO₂.

Celle de **Bristow et al. (2008)** évalue les réponses comportementales des individus face à un rationnement du CO₂ émis par la consommation d'énergie domestique et par les déplacements en voiture dans la sphère privé. L'analyse a pour objectif **(a)** d'identifier les comportements d'adaptation adoptés par les particuliers et **(b)** de comparer un système de taxe et un système de droits pour en comparer les critères de succès et d'acceptabilité.

L'EPD mise en place par **Beck et al. (2009)** évalue l'impact d'un système de droits à consommer du CO₂ sur le consentement à payer des individus pour un véhicule faiblement émetteur de gaz à effet de serre.

Ces travaux, et particulièrement celui de **Bristow et al. (2008)** ont contribué au développement d'une EPD efficace au regard des objectifs fixés.

1 - Représentation au sein de l'EPD des processus d'arbitrage

1.1 - Les réactions des automobilistes face à un rationnement du carburant

Face à une contrainte, que ce soit par le biais d'une taxe ou de quotas, nous connaissons l'ensemble des réactions possibles des individus selon qu'ils consomment ou non trop de carburant compte tenu de la restriction fixée. Cependant rien ne nous permet *a priori* de faire des hypothèses sur l'ampleur des réactions comportementales des automobilistes.

Pour les individus dont la mobilité est supérieure aux restrictions fixées, deux réactions sont possibles face à la mise en place de limites de consommation de carburant, **(a)** la première solution consiste à ne rien changer et à payer la taxe ou à acheter le montant de droits nécessaires ; ou **(b)** à limiter leur mobilité en voiture pour réduire voire supprimer le montant de taxe ou de droits à payer. Dans le cas de droits, les individus peuvent aussi réduire leur mobilité afin de revendre une partie de leurs droits.

Les individus dont la mobilité est inférieure aux restrictions fixées ont quant à eux trois solutions, **(a)** ne rien changer, ils ne paieront alors aucune taxe ou auront l'opportunité de revendre des droits ; **(b)** augmenter leur mobilité pour profiter des droits encore à disposition (*effet revenu*), nous ne considérerons pas ce cas lors de notre enquête ; **(c)** réduire encore d'avantage leur mobilité pour vendre plus de droits (*effet substitution*). Cette dernière possibilité n'est néanmoins crédible que dans le cadre de quotas.

Chaque individu va donc s'adapter comme il le souhaite, adoptant une des attitudes évoquées. Nous souhaitons mesurer grâce à l'EPD l'ampleur avec laquelle ils vont modifier leur mobilité actuelle.

Face à une restriction en terme de litres de carburant, les individus modifiant leur mobilité ont diverses alternatives à disposition (utiliser un autre mode, réaliser un déplacement moins souvent, ne plus réaliser un déplacement, ...). Pour choisir quels déplacements en voiture seront concernés par ses modification de comportement, chaque individu peut fonder son choix **(a)** sur le motif de déplacement, « ma priorité est de partir en vacances en voiture », « le plus important pour moi est de ne pas aller faire mes courses en bus », ... ; **(b)** sur la distance du déplacement, « si je supprime ce déplacement, je n'économise finalement que quelques litres », ... ; **(c)** sur la fréquence du déplacement, « si une fois sur deux je vais voir mon frère en bus, ... », « si je vais faire mes courses de temps en temps à proximité plutôt qu'au centre commercial ou je me rends actuellement, ... ».

D'un point de vue économique, quelque soit la logique d'arbitrage retenue par chaque conducteur en fonction de ses préférences, les automobilistes comparent toujours la désutilité ressentie des changements d'habitudes de mobilité avec la désutilité ressentie du coût monétaire de la taxe et des quotas si ils réduisent moins voire ne réduisent pas du tout leur mobilité.

Pour faire son choix, chaque individu va arbitrer en fonction de ses préférences à l'égard de l'ensemble de ces éléments mais aussi selon ses contraintes (localisation, alternatives modales à disposition, nécessité d'utiliser sa voiture, revenu, ...). Si nous avons veillé à contrôler l'homogénéité des contraintes au sein de notre échantillon, nous n'avons en revanche aucune idée *a priori* des préférences des individus enquêtés et de la manière dont ils perçoivent leur degré de contrainte.

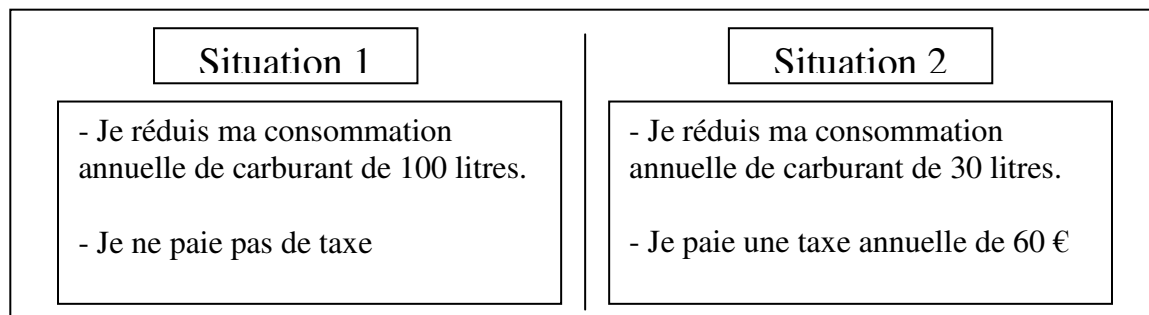
1.2 - Un regroupement des déplacements par catégories de distance

Nous souhaitons traduire au mieux les arbitrages réalisés par les individus au sein de situations fictives. Nous souhaitons connaître la réaction des individus en terme de consommation de carburant mais les conducteurs n'ont pas clairement à l'esprit le nombre de litres qu'ils consomment. Ils connaissent même rarement la consommation moyenne de leurs véhicules.

Nous souhaitons connaître la réaction des individus en terme de distance parcourue, mais les automobilistes n'ont pas toujours à l'esprit la distance des déplacements qu'ils réalisent.

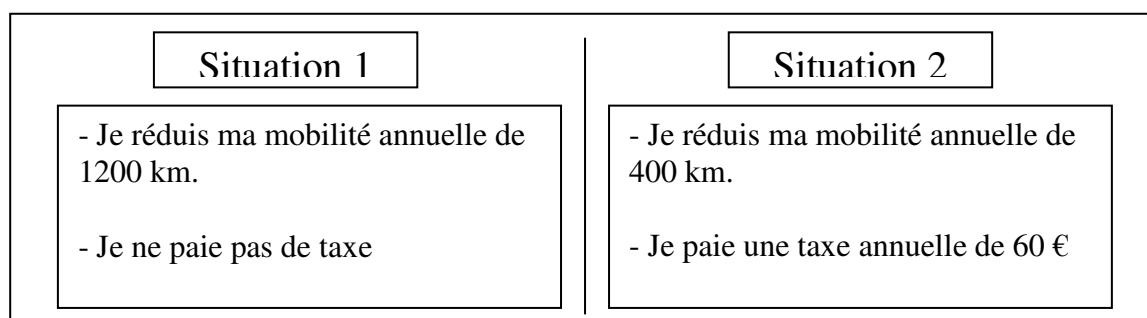
Fort de ce constat, nous rejetons la possibilité de créer des scénarios d'EPD reposant sur les distances ou sur la consommation de carburant comme dans les exemples suivants. De telles mises en situation ne permettraient pas aux individus de prendre conscience des implications réelles de leurs choix en terme de mobilité. Ils risquent donc de déclarer un comportement très différent de celui qu'ils réaliseraient en réalité.

Figure 49 - Exemple de trade-off d'EPD avec arbitrage selon la consommation de carburant



Source : Réalisé par l'auteur

Figure 50 - Exemple de trade-off d'EPD avec arbitrage selon les distances parcourues

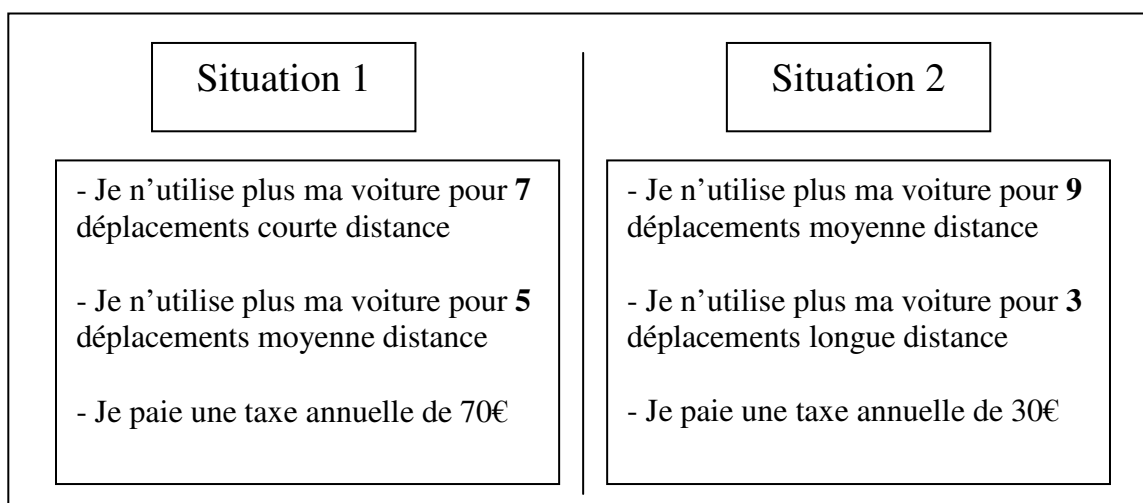


Source : Réalisé par l'auteur

Il est donc nécessaire de présenter aux conducteurs enquêtés l'arbitrage qu'ils devront réaliser par un moyen détourné. Pour se faire, nous retenons l'idée de présenter aux enquêtés les modifications de mobilité à apporter en terme de nombre de déplacements pour lesquels ils devraient désormais se passer de leur voiture ou de l'avion.

Cependant, chaque déplacement n'est pas à l'origine de la même consommation de carburant et des mêmes émissions de CO₂ selon sa distance. Il est donc nécessaire de classifier les déplacements par catégorie de distance. Ces différentes catégories constitueront les attributs de l'EPD. Nous obtiendrions des situations de ce type.

Figure 51 - Exemple de trade-off avec arbitrage selon le nombre de déplacement à supprimer par catégorie de distance



Raisonnement selon un nombre de déplacements à ne plus réaliser en voiture permet aux enquêtés de conceptualiser aisément les changements que cela représente sur leur mobilité. Un système de choix selon des catégories de distance n'a cependant rien de concret pour les enquêtés mais nous est nécessaire pour évaluer plus précisément les effets de rationnement sur le volume de carburant consommé.

Afin de personnaliser les questionnaires et car les enquêtés ne raisonnent pas en terme de catégories de déplacements par distance, une feuille récapitulative regroupant l'ensemble des déplacements effectués par les enquêtés selon des catégories de distance devra être fournie à chaque personne interrogée. Chaque enquêté a pour chaque catégorie la liste des déplacements concernés. Les catégories de distance servent ainsi uniquement de critère de regroupement.

Les scénarios doivent être le plus personnalisé possible pour que chaque personne interrogée réalise des arbitrages au plus près de ceux qu'il ferait dans la réalité.

Cela implique de connaître par avance les déplacements effectués par l'enquêté et donc de réaliser une enquête préalable.

Nous savons donc que l'EPD sera composée des attributs suivants :

- n attributs calqués sur n catégories de distance,
- le montant d'allocation gratuite de départ. Soit le nombre de quotas attribués gratuitement (scénarios quotas) ou le nombre de litres d'essence consommés à partir duquel il faut s'acquitter de la taxe (scénario taxe) ;
- Le prix des quotas ou le montant de la taxe par litre d'essence ;
- L'outil de régulation retenu.

1.3 - Ancrer les situations de choix dans la réalité

Lors d'une EPD, c'est l'arbitrage réalisé par les enquêtés qui détermine les choix qu'ils font au fil des scénarios. C'est à partir des choix effectués qu'il est possible d'estimer les paramètres de la fonction d'utilité et ainsi d'expliquer les préférences et les logiques de décision des individus.

A ce titre, le développement des scénarios et plus largement du questionnaire, le mode de passage choisi et la formation des enquêteurs jouent un rôle fondamental. Le questionnaire de préférences déclarées présenté à l'enquêté doit recréer le contexte particulier de l'arbitrage du répondant face aux différentes situations qui lui sont proposées. Ainsi, comme si ce choix était fait au cours d'une situation existante, le répondant doit être conscient des principales implications de son choix (contraintes, avantages, difficultés). Les scénarios doivent, sans influencer les répondants, contribuer au travail de projection mentale qu'effectuent les enquêtés.

Ancrer les situations de choix dans la réalité ne signifie pas pour autant reconstituer parfaitement la réalité mais recréer au plus près les situations d'arbitrage auxquelles les individus sont effectivement confrontés. Afin d'y parvenir, le poids respectif de chaque attribut doit correspondre à ce qui est vécu au quotidien, les différences existantes entre chaque scénario doivent être suffisamment perceptibles, le contexte décrit tout au long du questionnaire doit aider l'enquêté à se replonger dans la réalité. Toute différence avec la réalité peut être tolérée si elle ne va pas à l'encontre de ces aspects importants.

Lors du développement de l'EPD, une attention particulière a été portée à la conceptualisation d'un questionnaire personnalisé et propice à des choix faits en toute conscience.

Le choix à tout d'abord été fait de calquer l'arbitrage quant aux déplacements à supprimer sur les déplacements propres à l'enquêté. Sur la feuille récapitulative rappelant au répondant les déplacements qu'il a effectué, la destination, le motif et la fréquence sont rappelés pour chaque déplacement (Figure 58). Cela permet aux enquêtés de se replonger dans la réalité et d'arbitrer sur la base de faits réels. Après avoir fait son choix, il est demandé à l'enquêté de préciser le(s) déplacements qu'il n'effectuerait plus en voiture ou en avion.

Ainsi, les enquêtés ont réellement conscience de ce que cela implique dans leur quotidien de supprimer un déplacement particulier, n déplacements courte distance, longue distance ou autre. Ils associent aux déplacements un souvenir, un motif de déplacement, une pénibilité si celui-ci devait être réalisé sans voiture, ou s'il n'était plus réalisé du tout. Cette prise de conscience est fondamentale à l'obtention de réponses déclarées de bonne qualité.

Au cours du passage de l'EPD, les répondants sont souvent revenus sur leurs choix initiaux lorsqu'il leur a été demandé de citer les déplacements concernés par leur modification de comportement, preuve qu'il était nécessaire de contextualiser les situations fictives.

Un grand effort a également été porté **(a)** sur le guide de passage fourni aux enquêteurs (cf. Annexe 18) qui présente le déroulé du discours qu'ils doivent mener, **(b)** sur la présentation physique des questionnaires et **(c)** sur la formation. Nous avons ainsi :

- Privilégié un discours naturel des enquêteurs visant à créer un climat coopératif. Plutôt que d'imposer un discours précis, les enquêteurs devaient simplement respecter un ordre de développement d'idées, l'utilisation d'un vocabulaire précis et l'énonciation de phrases à certains moments clé de l'interview ;
- Procédé à un temps de mise en situation (objectifs du questionnaire, concept des préférences déclarées) avant de soumettre les scénarios. Cette phase de mise en contexte est extrêmement importante, elle conditionne la suite de l'interview et contribue à la qualité des données récoltées **(Aadland et Caplan, 2003 ; Hensher, 2009)**.
- Apporté un soucis particulier au recrutement ;
- Opté pour des objectifs qualitatifs et non quantitatifs lors des séances de collecte de données. Les enquêteurs devaient laisser les enquêtés s'exprimer s'ils en ressentaient le besoin et n'avaient pas de quotas à respecter ;
- Organisé des séances de test au cours desquelles des interviews étaient réalisés en direct puis commentés ;
- Débriefé régulièrement les séances de travail pour adopter des réponses standardisées face à toute question ou réaction particulière de l'enquêté ;
- Ajouté en fin de questionnaire un item de notation par l'enquêteur des réponses fournies. Il s'agissait de positionner sur une échelle de 1 à 4 le sérieux de l'arbitrage et la qualité de la projection réalisée par l'enquêté.

1.4 - Laisser aux enquêtés une échappatoire

Lors de l'enquête interactive de réponses déclarées (EIRD), Patricia Lejoux, en charge de ces enquêtes, a constaté de fortes résistances face à certains scénarios de taxation ou de création d'un marché de droits. Face à ces situations, l'enquêté a tendance à se bloquer et à adopter **(a)** un comportement irrationnel en ne fondant plus ses choix sur les paramètres qu'il prend d'habitude en compte, soit **(b)** un comportement stratégique en répondant ce qu'il juge être la meilleure réponse afin de diriger les résultats de l'étude vers la mesure la plus proche de son intérêt personnel.

En raisonnant par le biais de catégories de distance, nous ne permettons pas aux enquêtés de sélectionner eux même la manière dont ils s'adapteraient à un rationnement du carburant. Ils se doivent de se plier aux restrictions imposées par les scénarios pour chaque catégorie de distance. Si un enquêté souhaite supprimer un déplacement longue distance plutôt qu'un déplacement courte distance, il ne peut pas le faire. Les scénarios de restriction de la mobilité peuvent donc paraître trop rigides aux yeux des personnes enquêtées.

Pour l'ensemble de ces raisons, nous avons choisi de laisser aux enquêtés la possibilité de fuir une réduction de leur mobilité en ajoutant un troisième scénario dit de *stand by* au sein des *trade off*. Cette option n'impose aucune modification des comportements de mobilité des enquêtés sous condition de paiement du coût monétaire de la régulation correspondant à leur mobilité.

1.5 - Développer des situations permettant de comparer taxe et droits

Un des objectifs de cette étude est d'observer s'il existe des différences en terme d'efficacité entre un système de taxe et de droits. D'un point de vue économique, comme nous l'avons vu, aucune différence n'existe en la matière. Ils mènent tous deux en théorie à une adaptation identique de la part des agents économiques.

Dans la pratique, il peut néanmoins exister des différences entre ces deux instruments.

Tout d'abord, un système de taxe s'applique généralement dès la consommation de la première unité du bien quand un système de droits échangeables repose sur une allocation gratuite de crédits qui ne rend la régulation effective qu'à partir d'un certain seuil.

Ensuite, le prix de la taxe est fixe quand celui des permis d'émissions dépend de l'offre et de la demande en la matière. Il se peut également que le prix de marché des droits soit contrôlé par une autorité régulatrice.

Enfin, confronté à une taxe, adapter suffisamment sa mobilité signifie au mieux ne pas payer de taxe. Face à un système de droits, adapter suffisamment sa mobilité signifie au mieux retirer un bénéfice de la revente de ses droits. Ceci peut aussi être le cas lorsque la taxation est couplée avec la distribution d'un « chèque vert » au but compensatoire.

En vue de comparer régulation *via* une taxe et *via* un système de droits, nous avons souhaité mettre ces deux instruments sur une ligne comparable afin de tester **(a)** l'effet incitatif de la revente possible de droits et **(b)** l'effets de l'outil en tant que tel sur la perception des enquêtés.

Pour réduire les différences existantes entre ces deux instruments, nous avons opté pour une taxe effective qu'à partir d'un certain seuil de consommation de carburant. En fixant ce seuil égal au niveau d'allocation initiale de droits, l'impact monétaire pour une taxe et un système de droits est le même.

Pour que le système de droits, peu commun aux yeux des individus, soit aisément compris, nous avons déterminé un prix de marché du droit fixe à l'achat et à la revente. Nous observons donc un marché de droits échangeables et non négociables. En fixant un prix identique pour la taxe par litre de carburant et pour l'achat et la revente de droits, l'impact monétaire de ces deux instruments lorsque les enquêtés consomment trop de carburant sont les mêmes au fil des scénarios. En revanche lorsque les enquêtés consomment moins de carburant que le seuil d'effectivité du rationnement, le système de droits permet au contraire de la taxe de tirer un bénéfice de ses changements de comportements. Cela permet d'observer si les réactions au prix sont symétriques lorsqu'il s'agit de ne pas payer ou de gagner de l'argent.

Pour mieux comparer les outils de régulation analysés nous avons souhaité confronter les enquêtés à des arbitrages identiques quel que soit l'outil retenu. Nous avons choisi de développer une EPD commune avec des attributs et niveaux d'attributs identiques. Lors de la constitution des questionnaires, les scénarios sont tirés au hasard parmi toutes les situations pouvant être testées (cf. chap.3 - p.31). A la moitié des scénarios est associé un système de taxe et à l'autre moitié un système de droits. Les scénarios sont identiques, la seule différence concerne le prix, qui ne peut être inférieur à 0 et est donc nul lorsque c'est une taxe qui est testée et que la personne interrogée ne dépasse pas le seuil de consommation de carburant toléré.

Aucune situation de choix n'oppose un scénario de taxe à un scénario de droits. Lors de chaque choix à effectuer, ce sont toujours les mêmes outils de régulation qui sont mis en scène.

Puisque nous faisons l'hypothèse *a priori* que la taxe et les droits sont perçus de manière différente, l'ordre des scénarios a été modifié pour une partie de l'échantillon. A la moitié des personnes interrogées ont été proposées des situations de taxe puis de droits, à l'autre moitié des situations de droits puis de taxe.

1.6 - Ne pas mélanger déplacements en avion et en voiture

Si un système de droits ou de taxe était mis en place, les déplacements effectués en avion seraient également visés puisqu'ils sont à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre. Nous souhaitons donc observer les réactions et élasticités des utilisateurs face à des restrictions en la matière. Nous souhaitons également comparer ces résultats à ceux obtenus pour la mobilité en voiture.

Il existe néanmoins des différences importantes entre la mobilité en voiture et en avion qui nous ont amené à traiter déplacements en voiture et en avion de manière distincte à l'aide de deux EPD différentes.

Il s'avère tout d'abord qu'il existe des différences conséquentes en terme de distance parcourue, d'émission de CO₂ et de consommation de carburant selon le mode utilisé pour se déplacer. Parmi l'échantillon à disposition pour réaliser l'EPD, la distance moyenne d'un déplacement en voiture est de 166 km et de 5910 km en avion, la consommation moyenne de carburant par déplacement est d'environ 9 litres par véhicule en voiture contre 247 litres de kérosène par passager en avion. En terme d'émission par déplacement, chaque conducteur est responsable en moyenne de l'émission de 253 grammes de CO₂, chaque passager est responsable en moyenne de l'émission de 614 grammes de CO₂⁵⁵.

Parmi les 784 personnes interrogées lors de l'enquête quantitative, 315 n'ont effectué aucun déplacement en avion au cours des trois dernières années.

En incluant au sein des mêmes scénarios les déplacements en avion et en voiture, une grande différence apparaîtrait entre ceux utilisant et ceux n'utilisant pas l'avion, qui inciterait à segmenter l'échantillon en deux.

Les résultats de **Bristow et al. (2008)**, obtenus à partir d'une EPD, soulignent une forte réticence à supprimer les déplacements en avion de courte ou de longue distance.

Si le nombre de déplacements à ne plus réaliser en avion est défini comme attribut et qu'il est associé aux attributs de l'EPD relatifs aux déplacements en voiture, alors de nombreux scénarios imposeront une réduction en terme de mobilité aérienne. Cela risque de créer un refus systématique de ces situations **(a)** compte tenu du fort attachement des individus à la mobilité aérienne et **(b)** du fait de la marge d'adaptation moindre dont disposent les enquêtés en la matière puisque chaque enquêté réalise en moyenne 336 déplacements / an en voiture et seulement 0,92 déplacement / an en avion (pour ceux qui en effectuent).

Nous avons donc développé, à partir des mêmes attributs et selon la même logique une EPD indépendante qui ne traite que des déplacements en avion.

2 - Personnalisation des questionnaires

Au cours d'une EPD, les individus enquêtés déclarent les comportements qu'ils adopteraient dans la réalité face à la même situation. Il n'en reste pas moins que faire et déclarer faire sont deux choses différentes, c'est là une des principales critiques émises à l'encontre des préférences déclarées.

A ce titre, la personnalisation des questionnaires d'EPD permet de limiter l'écart entre comportements déclarés et comportements effectifs. En intégrant au sein des scénarios des éléments propres au quotidien des enquêtés, les questionnaires d'EPD replacent ainsi chaque répondant au plus prêt de la réalité.

2.1 - Une mise en place en trois temps

Lors de cette EPD, chaque personne interrogée doit arbitrer entre des déplacements à supprimer et **(a)** une taxe à payer, **(b)** un nombre de crédits à racheter ou **(c)** un

⁵⁵ Les distances parcourues, les émissions de CO₂ et la consommation de carburant en avion ont été obtenues grâce au calculateur de la délégation générale des services de l'aviation civile disponible en ligne à l'adresse suivante <http://www.dgac.fr/eco-calculateur/index.php> .

nombre de crédits à revendre. Nous avons donc fait le choix de personnaliser les déplacements concernés, les valeurs monétaires associées au système de taxe ou de quotas et les niveaux d'attributs selon la situation de chaque personne interrogée.

L'EPD a donc dû être réalisée en plusieurs étapes comme ce fut le cas lors de l'étude de **Bristow et al. (2008)**. Une première enquête qualitative a permis de mieux comprendre les arbitrages des enquêtés et la manière dont ils prennent en compte chaque élément de l'univers de choix. Une seconde enquête a permis de recueillir les déplacements réalisés par chaque enquêté. Dans un troisième temps, sur la base des résultats des deux premières enquêtes, l'EPD est mise en place.

Entre septembre 2008 et janvier 2009, des enquêtes interactives de réponses déclarées (EIRD) ont été menées afin de mieux comprendre les méthodes d'adaptation des individus face à une taxe ou à un système de permis d'émissions échangeables. Les EIRD constituent une version qualitative des EPD. Les EIRD reposent sur la même logique, les individus doivent faire des choix de comportement face à des environnements qui leur sont imposés, mais se déroulent au cours de longs entretiens⁵⁶. Sont proposées un grand nombre de situations fictives, ce qui permet d'analyser au cas par cas et en profondeur les réactions des individus. Cette méthode a été développée dans les années 1980 lors d'une première application traitant des réactions des conducteurs face à des situations de pénurie de carburant (**Lee-Gosselin, 1988**).

L'EIRD s'est déroulée selon un schéma de six étapes successives, trois de mise en situation et trois de discussion (cf. Annexe 14). A l'aide de cette EIRD, nous avons souhaité étudier **(a)** les raisons qui expliquent que les ménages changeraient ou ne changeraient pas de comportement de mobilité selon les scénarios, **(b)** les changements de comportement de mobilité qui seraient adoptés par les ménages et **(c)** l'attitude des ménages à l'égard de la taxe et du système de permis d'émission.

En juin et juillet 2009, une enquête quantitative visant à constituer l'échantillon nécessaire au développement de l'EPD a été mise en place. Il s'agissait d'obtenir un nombre suffisant de profils de répondants aux caractéristiques socio-économiques différentes. A partir de l'échantillon obtenu pour cette enquête, un sous échantillon sera constitué pour le passage de l'EPD.

L'enjeu principal de cette seconde enquête était de constituer une base de répondants qui garantisse la diversité des profils d'individus en terme de localisation, de taille du ménage, de nombre d'enfants au sein du ménage, de niveau d'activité⁵⁷ et de type de mobilité (motifs de déplacement, fréquences de déplacements, distances parcourues, localisation des origines / destinations). Nous avons noté au cours de l'enquête qualitative que ces paramètres étaient discriminants en terme de réaction aux scénarios de rationnement⁵⁸. Pour s'assurer de cette diversité, nous avons fait le choix de collecter des données en divers lieux de l'agglomération Lyonnaise. Une semaine

⁵⁶ L'EIRD que nous avons mise en place a nécessité en moyenne des entretiens de 2h par ménage enquêté.

⁵⁷ Actif à temps plein, actif à temps partiel, étudiant, retraité ou autre.

⁵⁸ Le revenu joue également un rôle important mais pour éviter tout blocage de la part des enquêtés qui devaient répondre dans un second temps à l'EPD, nous avons réservé cette question pour la dernière enquête.

d'enquête a été organisée dans le centre de Lyon⁵⁹ et deux semaines dans des centres commerciaux en périphérie⁶⁰.

Tableau 55 - Caractéristiques socio-économiques de l'échantillon de l'enquête quantitative

	Echantillon Enquête quantitative	
Age	18-24 ans	17%
	25-34 ans	27%
	35-49 ans	29%
	50-65 ans	21%
	+ de 65 ans	6%
Sexe	Homme	55%
	Femme	45%
Niveau d'activité	Activité temps plein	59%
	Activité temps partiel	10%
	Etudiant	10%
	Autres	21%
Taille du ménage	1	21%
	2	33%
	3	20%
	4	15%
	5	7%
	+ de 5	4%
Nombre d'enfants mineurs	0	67%
	1	17%
	2	11%
	3	4%
	+ de 3	1%
Niveau d'utilisation de la voiture	Tous les jours	60%
	Quelques fois par semaine	29%
	Quelques fois par mois	11%

Source : Réalisé par l'auteur.

Le second enjeu important de cette enquête était de reconstituer la mobilité des personnes interrogées afin de développer et personnaliser les scénarios. Pour réunir l'ensemble des déplacements effectués par les enquêtés au cours d'une année, nous avons fait le choix d'un questionnaire *via* les motifs de déplacements. Le questionnaire est présenté en Annexe 16.

Chaque enquêté doit citer les déplacements « achats », « accompagnement », « travail »⁶¹, « journée », « week-end »⁶² et « vacances »⁶³ qu'il a réalisé en voiture au cours de l'année précédente. Il doit aussi citer les déplacements en avion qu'il a réalisé au cours des trois années précédentes⁶⁴. L'enquêteur relance l'enquêté pour

⁵⁹ Quatre postes d'enquête centraux avaient été retenus : Opéra, Bellecour, Part Dieu, quais du Rhône.

⁶⁰ Un stand a été monté à Carrefour Vénissieux du 29 Juin au 4 Juillet 2009 puis à Carrefour Ecully du 6 au 11 Juillet 2009. Chacun des centres commerciaux est situé dans une zone géographique différente de l'agglomération Lyonnaise.

⁶¹ Il ne s'agit ici que des déplacements pendulaires. L'enquête ne traite pas des déplacements professionnels.

⁶² Le déplacement est dit « week-end » lorsqu'il a nécessité entre 1 et 3 nuits en dehors du domicile.

⁶³ Le déplacement est dit « vacances » lorsqu'il a nécessité plus de 3 nuits en dehors du domicile.

⁶⁴ Nous avons choisi d'interroger les enquêtés sur une période de trois ans pour les déplacements avion,

l'aider à ce souvenir d'un maximum de déplacements. Pour chaque déplacement, le répondant indique de manière libre la fréquence à laquelle il l'a effectué. Par le biais de cette méthode, il ne s'agit pas de connaître tous les déplacements faits par les enquêtés, mais d'obtenir une idée détaillée de la mobilité de l'enquêté et de pouvoir ainsi ancrer l'EPD sur des éléments issus de la réalité. L'arbitrage reste le même bien que les données ne soient pas parfaitement représentatives de la réalité.

A l'aide de l'ensemble des déplacements réalisés par l'enquêté au cours d'une année, nous pouvons calculer les informations nécessaires au développement de l'EPD (distances parcourues, litres d'essence consommés, émissions de CO₂. A l'aide des origines destinations précises des déplacements réalisés par chaque enquêté, nous pouvons personnaliser les situations d'arbitrage.

A l'issue de cette enquête réalisée en face à face, 786 questionnaires exploitables ont été récoltés pour un total de 5757 déplacements recensés.

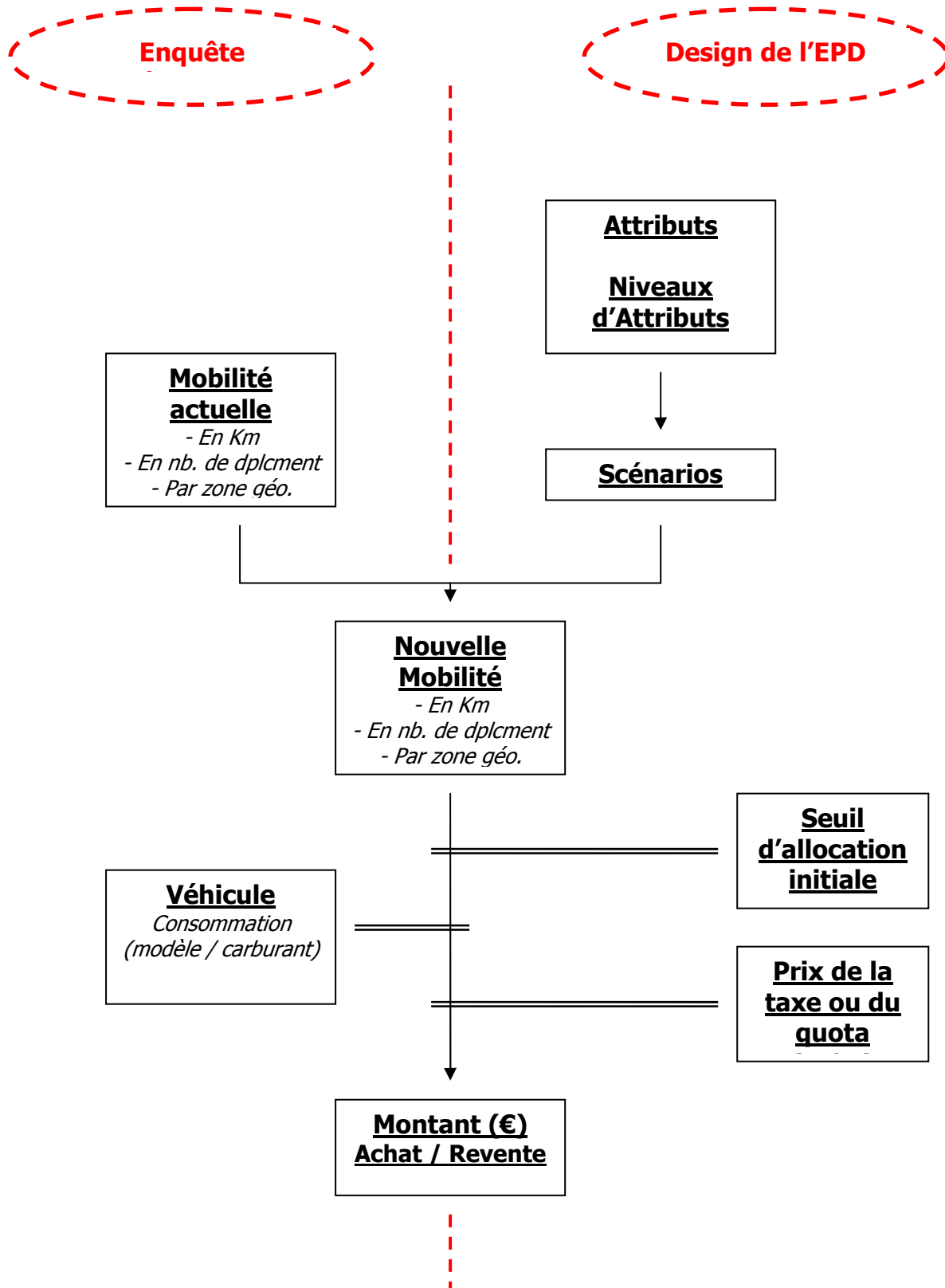
Enfin, en janvier et février 2010, l'EPD conçue à partir des résultats des deux enquêtes précédentes, a été organisée. Après avoir été prévenus par téléphone, les enquêtés recevaient les questionnaires de préférences déclarées par courrier. Le questionnaire était ensuite soumis par téléphone par les enquêteurs qui disposaient sous les yeux des informations à disposition des répondants. Les enquêtés étaient rémunérés 15€ pour participer à l'ensemble du processus.

2.2 - Processus de personnalisation des scénarios

Pour personnaliser les scénarios d'EPD, nous avons utilisé les résultats de l'enquête quantitative sur les déplacements de notre échantillon et les plans factoriels retenus pour l'EPD. Considérons pour l'instant que le design de l'EPD est définitivement connu, nous connaissons les attributs et leurs niveaux, ainsi que le plan factoriel de l'EPD. La Figure 52 présente le processus de personnalisation que nous avons retenu.

de peur, si la période avait été d'un an que trop peu de déplacements soient recensés. 46% des personnes interrogées lors de l'EPD n'ont déclaré aucun déplacement en avion.

Figure 52 - Mécanisme de personnalisation des scénarios d'EPD



Source : Réalisé par l'auteur.

La mobilité des enquêtés

A partir de la liste des déplacements réalisés par chaque individu, nous pouvons caractériser leur mobilité actuelle en voiture.

Distance des déplacements

Dans le cadre de notre EPD, nous connaissons pour l'ensemble des personnes enquêtées lors du premier volet de l'enquête, les déplacements qu'ils ont déclarés avoir effectués en voiture au cours des 12 mois précédents. Pour ces déplacements, nous connaissons les communes de destination. Nous avons donc calculé à partir des codages INSEE des communes, les distances à vol d'oiseau entre la commune du lieu de domicile et les communes des lieux de destination. Nous n'avons donc retenu aucune notion de chaîne de déplacements au cours de notre démarche.

Une modification a été apportée suite à cette méthode de calcul des distances. Pour les déplacements dont la distance calculée est de 0 km puisque la commune d'origine et de destination sont identiques, nous appliquons une distance de 1 km.

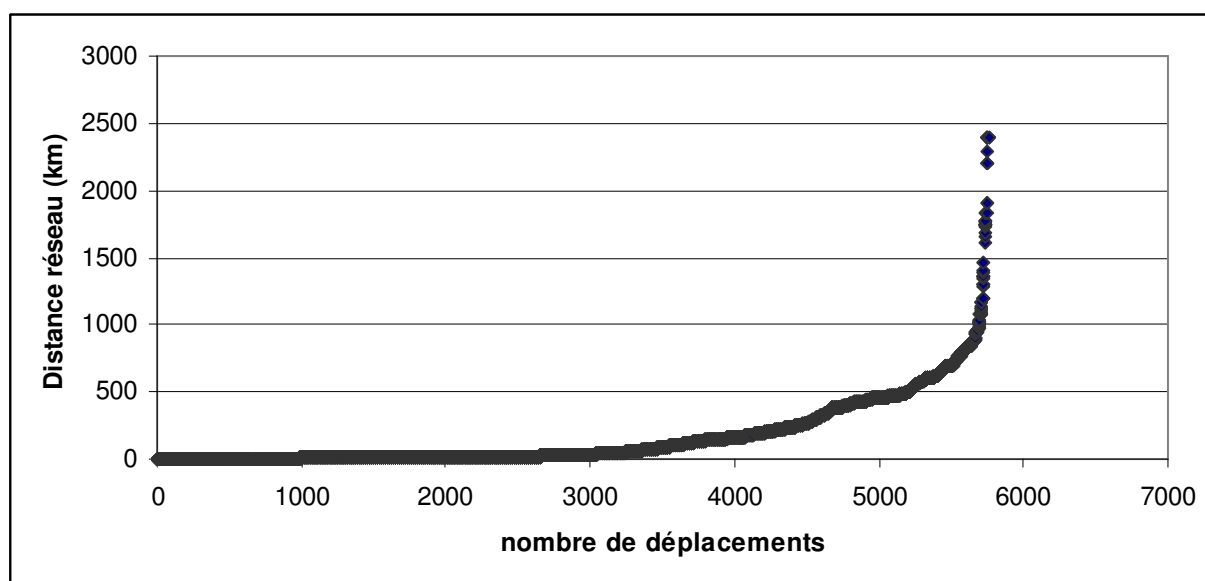
Pour transposer les distances à vol d'oiseau en distance effective sur le réseau, un coefficient de 1,3 est généralement appliqué. Les travaux de **Nicolas, Pochet et Poimboeuf (2001)** apportent quelques précisions. Ils mettent tout d'abord en évidence que l'estimation à partir des distances à vol d'oiseau conduit à de bonnes estimations lorsqu'on applique un coefficient correcteur. Ensuite, ils montrent que selon la distance à vol d'oiseau du déplacement et la structure du réseau, c'est un coefficient différent qui doit être appliqué. En milieu urbain, plus les distances sont courtes et plus le vol d'oiseau conduit à des sous-estimations des distances parcourues. Il est difficile d'intégrer la notion de structure du réseau dans les estimations dans la mesure où il existe, en périphérie par exemple, une grande variété en termes de structures de réseaux allant de la rase campagne à des structures pouvant être apparentées à des zones urbaines prononcées.

Finalement, les auteurs recommandent de prendre en compte une distance à vol d'oiseau (dvo) corrigée d'un coefficient variant selon la longueur du déplacement. En utilisant la formule suivante, nous obtenons des distances très proches de ce que l'on retrouve avec un modèle d'affectation.

$$D_r = D_{vo} * (1,1 + 0,3 * E^{(-D_{vo} / 20)})$$

La Figure 53 représente les distances de l'ensemble des déplacements recensés.

Figure 53 - Distances parcourues lors des déplacements recensés (km aller)



Fréquence des déplacements

Les fréquences de déplacements étaient énoncées de manière spontanée par les enquêtés. Ils pouvaient déclarer réaliser un déplacement « 1 fois par mois », « 3 fois par semaine », « 1 fois toutes les 3 semaines », ... A partir de ces informations, nous calculons les fréquences annuelles pour chaque déplacement.

Nous apportons néanmoins quelques modifications pour veiller à ne pas surévaluer les distances parcourues. Si un déplacement est réalisé une fois par jour, nous supprimons les week-ends, ce qui aboutit ainsi à considérer 261 déplacements plutôt que 365. Si un déplacement est réalisé une fois par semaine, nous supprimons les vacances, ce qui aboutit ainsi à considérer 47 déplacements plutôt que 52... Le tableau suivant représente les modifications de fréquence que nous avons appliquées.

Tableau 56 - Modification des fréquences énoncées par les enquêtés

Nombre de déplacements annuels déclarés	Nombre de déplacements annuels considérés	Justification
365	260	Prise en compte des week ends
312	260	Prise en compte des week ends
60	55	Prise en compte des vacances
52	47	Prise en compte des vacances
36	33	Prise en compte des vacances
24	22	Prise en compte des vacances
12	11	Prise en compte des vacances

Finalement, lorsque l'on intègre après modifications les fréquences auxquelles sont réalisés les déplacements, cela revient en fait à prendre en compte 263 288 déplacements pour l'ensemble de notre échantillon.

En moyenne, chaque individu de notre échantillon réalise 336 déplacements par an,

soit 0,92 déplacements par jour et par personne en moyenne.

Tableau 57 - Nombre de déplacements par enquêté

Nombre de déplacements	Total	Par jour
Moyenne	336	0,92
Q1	127	0,35
Mediane	318	0,87
Q3	471	1,29
-----	-----	-----
Mini	2	0,01
Maxi	1484	4,07

Mobilité des enquêtés

Nous pouvons alors reconstituer la distance annuelle parcourue par l'échantillon.

Figure 54 - Distance annuelle parcourue par les enquêtés (d'après calculs)

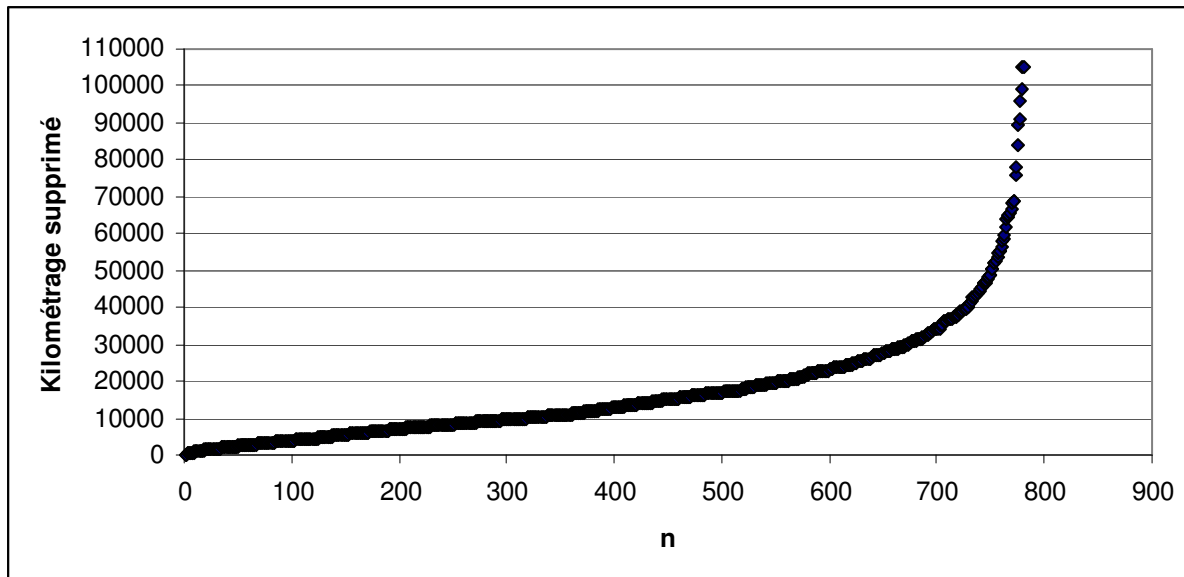


Tableau 58 - Informations sur le kilométrage annuel réalisé par l'échantillon

Distance Totale (km)	
Moyenne	8690
Moyenne (hors 3 individus isolés)	8607
Q1	7086
Mediane	12451
Q3	22409

D'après le bilan de la circulation en 2008 du MEEDDAT, le parcours moyen annuel d'un véhicule en France est de 12 798 km. La reconstitution que nous avons des distances parcourues par les enquêtés délivre donc des estimations satisfaisantes. Nous savions surestimer les distances parcourues puisque nous n'avons pas reconstitué les chaînes de déplacement.

Pour chaque enquêté, nous calculons la distance parcourue, le nombre de déplacements réalisés et en déduisons les distances moyennes pour chacune des catégories de distance retenues au sein des scénarios.

La « nouvelle mobilité » des enquêtés

Nous savons que les contraintes de mobilité seront représentées au sein des scénarios grâce à des catégories de distance. Il sera demandé aux enquêtés de réduire de n% le nombre de déplacements effectués dans chacune des catégories concernées. Ainsi, pour un plan factoriel donné, selon la mobilité de l'individu et les contraintes qui sont imposées, correspond à chaque scénario une réduction particulière de la mobilité.

Pour chaque scénario nous connaissons désormais le nombre de déplacements qui ne doivent plus être réalisés en voiture pour chaque catégorie de distance. Nous avons calculé auparavant pour chaque enquêté la distance moyenne d'un déplacement par catégorie de distance. Nous calculons donc la distance annuelle totale que l'enquêté réalise avec la « nouvelle mobilité » imposée par chaque scénario.

Lors du passage de l'EPD, les attributs non modifiés au sein du scénario sont évincés du questionnaire de l'enquêté, ils n'apparaîtront pas dans l'EPD pour limiter les informations délivrées aux enquêtés et ainsi simplifier la réflexion lors du choix. Il s'agit **(a)** des catégories de distance pour lesquelles le scénario n'impose aucune réduction de la mobilité en voiture et **(b)** des catégories de distance pour lesquelles l'enquêté ne réalise aucun déplacement.

Définition des valeurs monétaires associées aux mesures de régulation

Nous connaissons désormais le kilométrage annuel effectif de chaque enquêté ainsi que le kilométrage annuel qu'il réaliserait pour chacun des scénarios du plan factoriel. Grâce aux caractéristiques du véhicule de chaque enquêté, nous en déduisons la consommation de carburant et les émissions de CO₂ pour la situation réelle et les situations fictives.

Selon le seuil d'allocation de départ déterminé, chaque enquêté se trouve être, selon les scénarios, sous ou sur consommateur de carburant. Selon les cas, il se trouve dans une situation de payeur / non payeur de taxe ou d'acheteur / vendeur de droits.

Enfin, le montant de la taxe ou des droits détermine les valeurs monétaires associées aux mesures de régulation. Il est appliqué à l'écart entre les litres de carburant consommés et le seuil d'allocation initiale. Il permet de déterminer le prix associé aux situations de *stand by* par différence entre l'allocation initiale et la mobilité réelle.

Le processus de personnalisation des scénarios que nous avons mis en œuvre permet de présenter aux enquêtés des scénarios aux valeurs correspondantes au contexte qui est le leur. C'est sur la base de leur propre mobilité et de leur véhicule que les scénarios sont calculés.

Ce sont aussi les éléments politiques (seuil d'allocation de départ et prix de la taxe ou des droits) et méthodologiques (valeurs des niveaux d'attributs, nombre de catégories de distance, plan factoriel) qui déterminent le contexte de chaque scénario. La détermination de ces éléments a donc une importance critique.

2.3 - Design de l'enquête préférences déclarées

Maintenant que nous avons détaillé la manière dont les scénarios sont personnalisés, nous connaissons les interactions existantes entre le *design* de l'EPD et les situations fictives qui seront obtenues. Le *design* d'une EPD correspond à la phase de construction de l'ensemble des scénarios proposés aux personnes enquêtés. Les attributs, les niveaux d'attributs, le plan factoriel puis les *trade off* sont constitués au cours de cette étape. Dans le cadre de notre étude, nous connaissons les attributs mais il nous faut définir les catégories de distance ainsi que les niveaux de l'ensemble des attributs. Ces choix détermineront la nature des arbitrages à effectuer par les répondants. Différents *design* doivent être testés.

Design de l'enquête préférences déclarées

Les catégories de distance qui vont être retenues vont constituer les attributs de l'EPD. La création de catégories est un moyen détourné de regrouper les déplacements. Il n'en est pas moins qu'elles doivent :

- contribuer à des estimations les plus précises possibles. Les « nouvelles mobilités » des enquêtés au fil des scénarios sont calculées à partir des distances moyennes réalisées par chaque enquêté au sein de chaque catégorie de distance. Les « nouvelles mobilités » servent ensuite de référence au calcul des montants monétaires associés aux systèmes de régulation. A titre d'exemple, si un individu enquêté réalise 6 déplacements courte distance pour une distance totale parcourue de 76 km (5 déplacements de 15km et 1 déplacement de 1 km). On obtient alors une distance moyenne pour les déplacements courte distance de 11 km. Si le scénario lui étant proposé impose la suppression d'un déplacement courte distance, la nouvelle mobilité associée à ce scénario sera réduite de 11km. Or, lorsque l'enquêté va choisir le déplacement qu'il supprimera, il se peut que ce soit celui d'1km qui soit choisi. Pour que les estimations reflètent au mieux les adaptations des enquêtés en termes de distance, il faut limiter l'écart type des distances des déplacements au sein de chacune des catégories ;
- permettre d'analyser de manière pertinente les résultats. En utilisant des classes de distance, nous observerons grâce aux estimations des données, les élasticités de la demande au prix du carburant pour chaque catégorie de distance retenue. Comme nous l'avons vu, les classes de distance servent de critère de regroupement des déplacements mais les choix d'adaptation de leur mobilité par les enquêtés se fondent notamment sur le motif, la distance et la fréquence de chaque déplacement. Les catégories de distance doivent donc être constituées de manière à regrouper les déplacements au sein de blocs homogènes en termes d'informations observables en filigrane ;

- correspondre à des dimensions réelles afin d'être cohérentes aux yeux des enquêtés. Lors de la collecte des données, les catégories de distance ayant été constituées doivent être crédibles aux yeux des enquêtés. La typologie des distances doit être le reflet de la réalité ;
- ne pas être trop nombreuses pour limiter la taille de notre plan factoriel et simplifier le travail de l'enquêté en limitant le nombre d'attributs à considérer lors du choix.

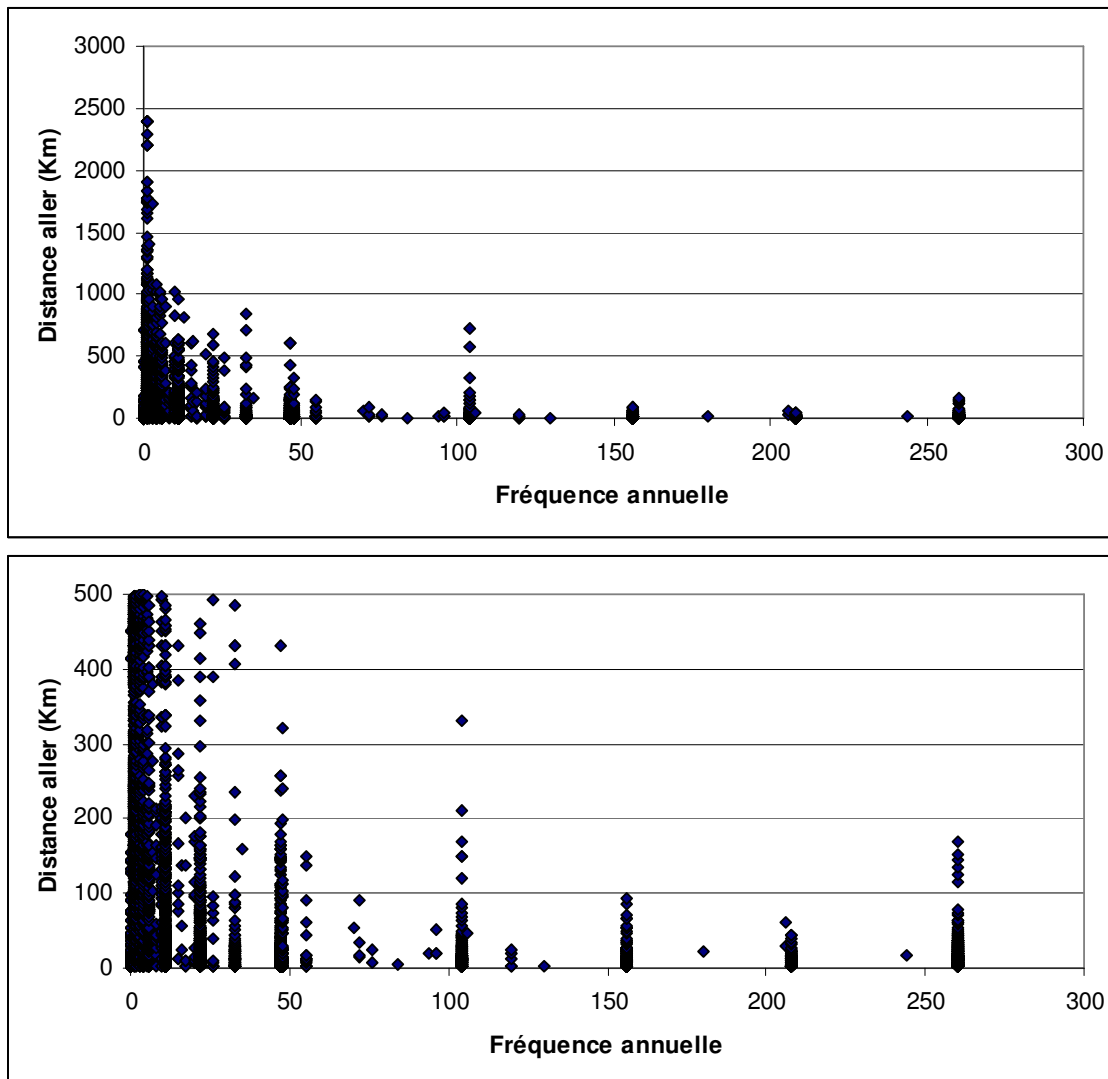
Au total, en considérant l'ensemble des déplacements de l'ensemble des individus de notre échantillon, 5757 déplacements sont pris en compte. Ils sont présentés Figure 55, le Tableau 59 en délivre les principales caractéristiques. Une grande partie de ceux-ci correspondent à des déplacements de proximité puisque 25% des déplacements sont réalisés à moins de 10km du domicile et 50% sont réalisés à moins de 29km du domicile.

Tableau 59 - Informations sur la distance parcourus des déplacements recensés

Distance Déplacements (km)	
Moyenne	166
Moyenne (hors 13 déplacements isolés)	162
Q1	10
Mediane	29
Q3	223

La fréquence à laquelle chaque déplacement est réalisé a également une forte influence. Si 5757 déplacements ont été déclarés lors de l'enquête, ce sont en fait 263 288 déplacements qui ont été réalisés lorsque l'on prend aussi en compte les fréquences auxquelles les individus se sont déplacés. Comme on le voit sur la Figure 55, ce sont les déplacements les plus courts qui sont effectués le plus souvent. Il est donc important de prêter une attention forte aux déplacements inférieurs à 200km qui constituent 98% des 263 288 déplacements réalisés par l'échantillon.

Figure 55 - Distance des déplacements recensés selon la fréquence de réalisation



Les typologies existantes, et notamment celles des Comptes transports proposent les catégories de distance suivante : [0-50 km],]50-100 km] et]150 km et plus]. Cette typologie se base essentiellement sur une distinction entre les déplacements urbains, régionaux et inter régionaux.

Cependant la catégorie [0-50] qui a vocation à regrouper les déplacements urbains semble plus adaptée à une aire urbaine comme celle de Paris qu'à celle de Lyon. En effet, d'est en ouest, la distance sur le réseau afin de traverser Lyon-Villeurbanne⁶⁵ est de 9,5km et de 5,5 km du nord au sud⁶⁶. Lorsque l'on intègre la première couronne la distance sur le réseau d'est en ouest est de 18km⁶⁷ et de 11km du nord au sud⁶⁸. En termes de rapport à l'aire urbaine Lyonnaise, nous nous orientons vers un nombre de catégories de distance supérieur à 3 avec une distinction plus fine en ce qui concerne

⁶⁵ De la rue Léon Blum à la rue Marieton.

⁶⁶ Du cours charlemagne à la rue coste.

⁶⁷ De Tassin-La-Demi-Lune à Décines.

⁶⁸ De La Mulatière à Caluire-et-Cuire.

les déplacements urbains et péri-urbains.

L'observation de la mobilité de notre échantillon selon les motifs de déplacement amène à la même conclusion. Les Tableau 60, Tableau 61 et Tableau 62 confirment tout d'abord que de nombreux déplacements ont une portée en deçà de 50km. C'est le cas des déplacements « achat », « accompagnement » et « travail » dont la distance moyenne est inférieure à 21 km dans 75% des cas. C'est aussi le cas pour plus de 50% des déplacements « journée ». Pour ces quatre motifs de déplacements, la distance moyenne est inférieure ou proche de 50km. Comme le montre les écarts types, les pratiques sont variées au sein de l'échantillon.

Ce sont bien ces déplacements qui sont réalisés le plus souvent avec une fréquence moyenne de 4,3 déplacements par semaine pour motif « travail », 2,28 déplacements par semaine pour motif « accompagnement » puis enfin entre 1,5 et 2 déplacements pour motif « journée » et « achat ».

De ce fait, ces quatre motifs de déplacement font partie intégrante du kilométrage annuel réalisé par l'échantillon que nous avons enquêté.

Tableau 60 - Informations sur les distances des déplacements selon le motif

	Part des individus ne réalisant aucun déplacement	Distance moyenne (km) réalisé par motif parmi ceux réalisant des déplacements				
		Moyenne	Q1	Mediane	Q3	Ecart-type
achat	15%	14	5	9	14	31
accompagnement	54%	17	1	9	16	38
travail	46%	20	4	13	21	45
journée	26%	53	12	23	61	78
week end	22%	279	152	243	384	168
vacances	38%	585	366	484	702	386

Tableau 61 - Informations sur les fréquences des déplacements selon le motif

Nombre de déplacements parmi ceux réalisant des déplacements	Total				Par Semaine			
	Moyenne	Q1	Mediane	Q3	Moyenne	Q1	Mediane	Q3
achat	92	44	66	105	1,77	0,85	1,27	2,02
accompagnement	119	22	57	208	2,28	0,42	1,10	4,00
travail	224	208	260	260	4,30	4,00	5,00	5,00
journée	85	22	47	107	1,63	0,42	0,90	2,06
week end	14	3	7	18	0,26	0,06	0,13	0,34
vacances	2	1	2	2	-	-	-	-

Tableau 62 - Informations sur la contribution des différents déplacements au km annuel

	Part des individus ne réalisant aucun déplacement	Part du km annuel réalisé par motif parmi ceux réalisant des déplacements			
		Moyenne	Q1	Mediane	Q3
achat	15%	17%	4%	10%	21%
accompagnement	54%	15%	3%	9%	21%
travail	46%	36%	13%	32%	55%
journée	26%	27%	9%	20%	40%
week end	22%	36%	13%	30%	56%
vacances	38%	19%	6%	13%	25%

En termes de sens, le choix des catégories de distance peut aussi permettre d'observer en arrière plan des typologies de mobilité et des motifs de déplacement particuliers.

Les déplacements « achats » et « accompagnement » sont les déplacements les plus courts. Leur distance est inférieure à 25km dans *quasi* 75% des cas, ce qui correspond environ à l'aire urbaine Lyonnaise et sa périphérie. Les déplacements « accompagnement » sont même inférieurs à 1km dans 25% des cas, ce qui signifie qu'ils sont réalisés dans la même commune que le lieu de résidence. Retenir des catégories de distance inférieures à 15km ou 20km permettrait d'y regrouper presque la totalité des déplacements pour ces motifs.

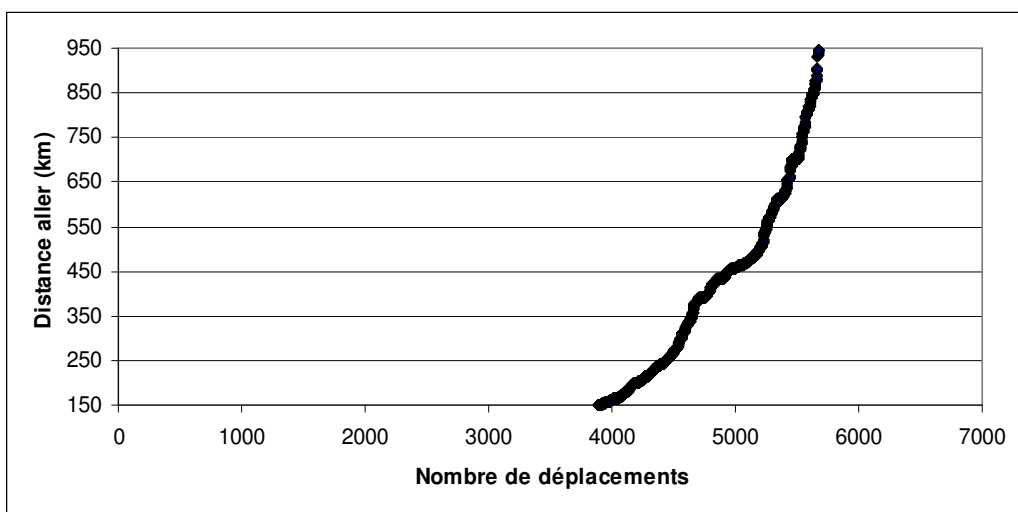
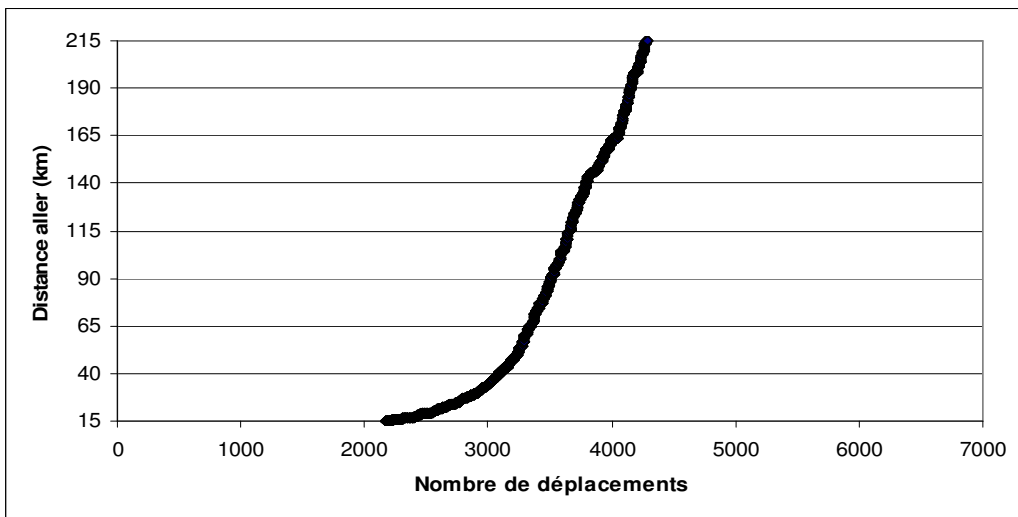
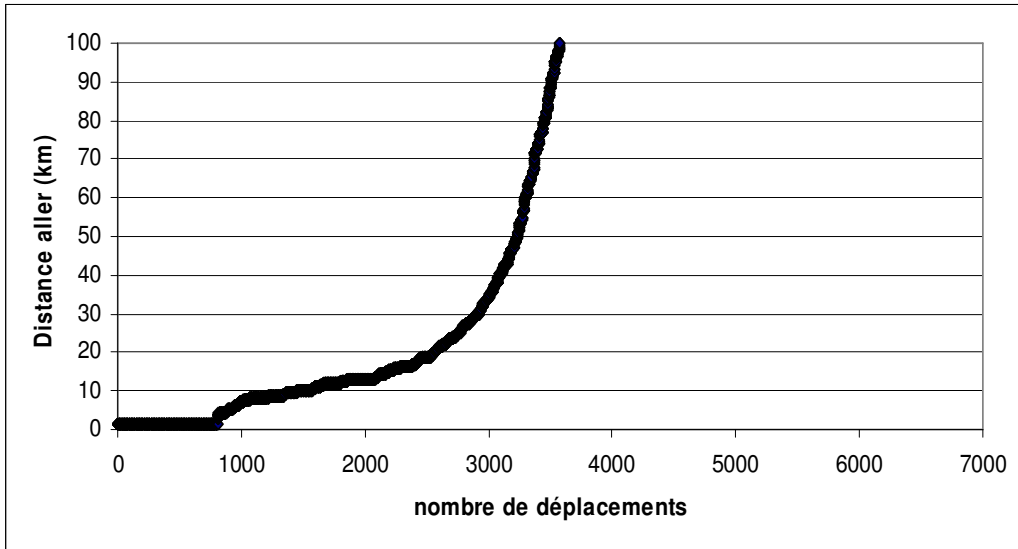
Les déplacements « travail » sont quant à eux plus longs. Si l'accompagnement et les achats sont réalisés à proximité du domicile, ce n'est pas forcément le cas des déplacements « travail ».

Les déplacements « journée » se caractérisent par une grande variété des distances. De ce fait, il sera difficile d'isoler les déplacements « journée » au sein d'une catégorie de distance. Ils peuvent être réalisés très proche du domicile (25% des déplacements se font à moins de 12km du domicile), ou beaucoup plus loin (25% des déplacements se font à plus de 60km du domicile). Ils correspondent principalement à des déplacements au sein du département ou en proche région lyonnaise.

Les déplacements « week-end » et « vacances » ont des portées beaucoup plus longues mais se distinguent néanmoins avec des distances moyennes respectives de 279km et 585km. Les week-ends sont plutôt réalisés dans la région Rhône Alpes, les vacances plus fréquemment sur l'ensemble du territoire Français voire à l'étranger. Avec deux catégories de longue distance, il sera possible d'isoler ces motifs de déplacement.

Une observation graphique de la distribution des distances de déplacement présentée en Figure 56 apporte également des informations sur les catégories de distance. L'observation des points d'inflexion donne une idée des classes pouvant être retenues. Un premier point d'inflexion apparaît entre 8km et 10km, un second entre 14km et 20km, un troisième entre 20km et 40km ainsi qu'un dernier entre 350km et 450km. Cela confirme la nécessité de dissocier les courtes distances en plus de catégories que les distances plus longues. Cela concorde par ailleurs avec le territoire de la région Lyonnaise.

Figure 56 - Zooms sur les distances des déplacements recensés



Sur la base de l'ensemble de ces informations, nous retenons cinq catégories de distance pour regrouper les déplacements :
[0 ; 10] km ;]10 ; 20] km ;]20 ; 60] km ;]60 ; 300] km ;]300 ; au delà] km.

Ces catégories sont en accord avec la géographie de la région Lyonnaise et reflètent l'aire urbaine, l'agglomération Lyonnaise dans son ensemble, le département du Rhône et certains départements limitrophes, la région Rhône-Alpes voire au-delà et enfin la France et l'étranger.

Elles permettent également d'y associer certains motifs de déplacement comme les déplacements « achat », « accompagnement » et les déplacements « week-end », « vacances ».

Enfin, en prenant en compte distances et fréquences des déplacements, une telle typologie permet de réduire les erreurs d'estimation et de faire en sorte que chaque catégorie soit composée d'un nombre significatif de déplacements comme le montrent les Tableau 63, Tableau 64 et Tableau 65.

Tableau 63 - Part de chaque catégorie de distance dans les km parcourus

Catégories de Distances	Nombre de déplacements déclarés <i>(sans prendre la fréquence en compte)</i>	Nombre de déplacements Réalisés <i>(en prenant la fréquence en compte)</i>
(0 - 10)	1448	119079
)10 - 20)	1119	80534
)20 - 60)	729	44168
)60 - 300)	1065	15999
)300 - ...)	1196	3508

Tableau 64 - Part de chaque catégorie de distance dans les km parcourus

Catégories de Distances	Part dans les km totaux
(0 - 10)	7%
)10 - 20)	17%
)20 - 60)	20%
)60 - 300)	28%
)300 - ...)	28%

Tableau 65 - Part de chaque catégorie de distance dans le nombre de déplacements effectués

Catégories de Distances	Part dans le nombre de déplacements totaux
(0 - 10)	45%
)10 - 20)	31%
)20 - 60)	17%
)60 - 300)	6%
)300 - ...)	1%

Chacune de ces classes de distance formera donc un attribut de l'EPD. Pour chacun de ces attributs nous retenons 4 niveaux de réduction de la mobilité allant du cas où aucun déplacement ne doit désormais être réalisé sans voiture au cas où un peu moins de la moitié des déplacements ne doivent désormais être réalisés sans voiture. Ils représentent la force de la contrainte qui sera imposée aux enquêtés.

Rien ne nous permet néanmoins de faire des hypothèses sur la manière dont cette contrainte est perçue par les enquêtés. Laisser sa voiture pour un déplacement moyenne distance peut être perçu comme plus contraignant que de ne plus utiliser sa voiture pour tous les déplacements courte distance. Tout dépend des préférences propres à chaque individu.

Les niveaux d'attributs doivent être à l'origine d'arbitrages et donc de modifications ressenties des conditions de mobilité. Néanmoins, il ne faut pas que les niveaux soient trop restrictifs et soient automatiquement rejetés par l'ensemble des enquêtés, ce qui biaiserait l'information récoltée.

Aucune valeur de référence ne permet de livrer des points d'ancrage en matière de sensibilité des enquêtés aux nombres de déplacements qui devront être effectués sans véhicule, ils sont donc définis subjectivement par pas de 15% et sur la base des fréquences de déplacements par motif. Il nous a semblé qu'une réduction *quasi* de moitié des déplacements effectués serait fortement ressentie par les enquêtés quelle que soit l'intensité de leur mobilité.

Les niveaux sont exprimés en pourcentage de variation afin de s'adapter à la mobilité de chacun.

Au cours des phases de test de sensibilité du *design* et du test des questionnaires, nous avons pu confirmer que ces niveaux d'attributs étaient efficaces.

Tableau 66 - Attributs de réduction de la mobilité et niveaux d'attributs

Attributs		Niveaux d'attributs
nombre de déplacements ne devant plus être réalisés en voiture dans la catégorie:		
Très courte distance (TCD)	de 0 à 10 km	-0%
		-15%
		-30%
		-45%
Courte distance (CD)	de 10 à 20 km	-0%
		-15%
		-30%
		-45%
Moyenne distance (MD)	de 20 à 60 km	-0%
		-15%
		-30%
		-45%
Longue distance (LD)	de 60 à 300 km	-0%
		-15%
		-30%
		-45%
Très longue distance (TLD)	au-delà de 300 km	-0%
		-15%
		-30%
		-45%

Sélection du seuil d'allocation initiale

Maintenant que nous connaissons les catégories de distance retenues aux titres des attributs de l'enquête, il s'agit de choisir le seuil d'allocation initiale, soit le nombre de droits alloués gratuitement (un droit = un litre de carburant) et le nombre de litre en

deçà duquel la taxe ne doit pas être payée. Quel que soit l'instrument de régulation retenu, taxe ou droits, le seuil sera exprimé en litres de carburant et sera identique pour que les deux outils soient comparés dans les mêmes conditions. **Bristow et al. (2008)** avaient fait le choix d'exprimer le seuil d'allocation en tonnes de CO₂ mais nous avons jugé que cette dimension était encore trop abstraite aux yeux des personnes interrogées. Comme nous l'avons fait, **Bristow et al. (2008)** ont mis la taxe et le système de droits sur un pied d'égalité lors des scénarios d'EPD en égalisant le seuil d'allocation initiale quel que soit l'outil de régulation. Pour cela ils ont choisi un principe de chèque vert distribué lorsque c'est une taxe qui est mise en place et permettant de compenser l'effectivité de la taxe dès le premier litre de carburant acheté. Souhaitant focaliser l'attention des enquêtés sur l'arbitrage en termes de mobilité nous avons fait le choix de n'évoquer aucun aspect technique de mise en place des systèmes de droits.

Le choix du seuil d'allocation initiale joue un rôle déterminant dans notre EPD. Les niveaux de variation du seuil d'allocation initiale ont également un impact dans la mesure où ils définissent l'évolution du seuil d'allocation initial au fil des scénarios et l'intensité avec laquelle la contrainte va se resserrer.

Finalement, il est prépondérant d'être attentif au choix du seuil d'allocation initiale et de ses niveaux puisque :

1. Ils définissent si l'enquêté est dans une situation de payeur de taxe ou de droits ou dans une situation de non payeur de taxe ou de vendeur de droits. Il s'agit de positionner les personnes enquêtés, du moins une grande partie, dans diverses situations au fil du déroulement de l'EPD. Il est par exemple intéressant de positionner de nombreux enquêtés à la frontière du seuil. Cas pour lequel ils auraient par exemple le choix entre une situation de payeurs et une situation plus restrictive en termes de mobilité mais pour laquelle ils seraient alors non payeurs de taxe ou vendeurs de droits.
2. En déterminant la position des enquêtés par rapport aux seuils fixés, le seuil d'allocation initiale choisi définit le nombre d'enquêtés qui seront concernés par l'EPD et donc la capacité de l'enquête à tirer le maximum d'informations pertinentes à partir d'un même échantillon. Les répondants dont la nouvelle mobilité au fil des scénarios est toujours supérieure aux seuils délivrent une information sur leurs préférences puisqu'ils arbitrent entre deux situations de restriction de leur mobilité. En revanche un problème se pose quant aux individus toujours en dessous du seuil d'allocation initiale. S'il est alors possible d'observer les stratégies d'adaptation des enquêtés face à la possibilité de revendre des droits, **(a)** ces personnes ne sont pas concernées par les situations de taxation ce qui réduit le nombre d'observations finalement obtenues et **(b)** les scénarios n'ont pas les mêmes implications pour l'enquêté puisque l'enjeu est uniquement associé à un gain financier, il y a donc un risque de réponses fournies moins réfléchies.
3. Le choix du seuil d'allocation initiale influence aussi le prix à payer par l'enquêté. Il détermine **(a)** l'écart en termes de consommation de carburant avec la nouvelle mobilité des enquêtés au fil des scénarios et définit ainsi en partie le prix à payer ou le gain monétaire de chaque enquêté pour chaque

scénario, **(b)** de la même manière pour chaque scénario le prix à payer par l'enquêté pour ne pas modifier sa mobilité, appelé « prix du *stand by* ».

Deux solutions sont à disposition pour exprimer le seuil d'allocation, **(a)** définir un montant d'allocation de départ de manière indépendante et personnalisée pour chaque individu sur la base de sa consommation de carburant, et **(b)** définir un montant d'allocation de départ de manière unique pour l'ensemble des individus. Quelle que soit celle retenue, le seuil d'allocation doit permettre :

- de favoriser une diversité de situations et si possible des basculements de situations des enquêtés face au rationnement ;
- de maximiser l'intérêt de l'échantillon ;
- de contribuer à la définition de niveaux de prix efficaces. Cependant ce dernier point est moins discriminant en termes de choix du meilleur seuil d'allocation dans la mesure où les niveaux d'attributs pour le prix joueront aussi un rôle en la matière.

Solution 1 : le montant d'allocation de départ est défini de manière indépendante et personnalisée pour chaque individu

Le montant d'allocation de départ est un attribut avec des niveaux définis en pourcentage de variation sur la base de la consommation effective de chaque enquêté. On connaît le nombre de km réalisés par l'enquêté et le modèle de sa voiture. Nous en avons déduit le nombre de litres d'essence consommés. Sur cette base nous déterminons une allocation de départ égale par exemple à 80% de cette quantité, 60% de cette quantité ou 40% de cette quantité. Plus le niveau d'allocation de départ est faible, plus les contraintes imposées sont fortes.

Le premier avantage de cette méthode de calcul de l'allocation de départ est que chaque enquêté se trouve successivement dans une situation pour laquelle il doit faire face à une restriction faible, moyenne et forte. Selon le tirage, chaque enquêté peut passer à la fois par des situations d'acheteur de droits ou de payeur de taxe et de vendeur de droits ou de non payeur de taxe.

Cela permet ensuite de tirer le maximum d'information de notre échantillon puisque aucun enquêté n'est systématiquement en dessous du seuil d'allocation.

En revanche, l'inconvénient de niveaux d'allocation personnalisés est que chaque enquêté est traité uniformément quel que soit son niveau de mobilité. On infligera les mêmes contraintes absolues à un enquêté n'utilisant sa voiture qu'une ou deux fois par an pour partir en vacances, et à un enquêté utilisant intensivement sa voiture. Ça ne serait pourtant pas le cas dans la réalité si un tel système de régulation était mis en place mais l'arbitrage mis en scène semble efficace.

Se pose principalement la question du réalisme de ces situations pour les enquêtés, ce qui pourrait entraîner un blocage immédiat. Pour un utilisateur sporadique de la voiture, n'y aura-t-il pas un sentiment d'injustice lorsqu'on lui imposera de supprimer 1 des 2 seuls déplacements qu'il fait en voiture ? Est-ce réalisable pour un individu à forte mobilité de devoir supprimer 40% de sa consommation de carburant pour ne pas dépasser le seuil ?

Solution 2 : le montant d'allocation de départ est défini de manière unique pour l'ensemble des individus

Le montant de départ retenu est unique et déterminé de manière à positionner une part représentative de l'échantillon au dessus du montant d'allocation de départ, au dessous du montant d'allocation de départ et en bordure du montant d'allocation de départ.

Ce montant de départ se réduit ensuite et permet ainsi le basculement de certains enquêtés d'une situation de vendeurs ou de non payeurs de taxe à une situation d'acheteurs ou de payeurs de taxe.

Dans ce cas, compte tenu de leur mobilité, des individus seront toujours vendeurs, d'autres toujours acheteurs, et certains oscilleront au fil des scénarios entre ces situations.

Le principal atout de cette méthode de calcul du seuil d'allocation initial est qu'il réduit le risque évoqué auparavant de non-réalisme des scénarios. Ainsi, l'EPD prend ancrage sur la réalité et reflète mieux la mise en œuvre qui aurait lieu.

L'inconvénient principal est que certains enquêtés seront toujours non payeurs de taxe ou acheteurs de droits et ne répondront ainsi qu'à un ou deux scénarios, ce qui limiterait le nombre d'observations récoltées. Si un enquêté est constamment acheteur de droit ou payeur de taxe, cela ne pose *a priori* aucun problème. Il devra choisir entre deux situations contraintes et retenir celle qui lui convient le mieux. Grâce à une bonne définition du montant d'allocation de départ et des paliers de variation, il est possible d'obtenir un nombre suffisant d'observations pour chacune des situations (au dessus, au dessous du seuil).

Pour choisir parmi ces deux situations, il est nécessaire d'effectuer quelques estimations pour observer la position des enquêtés par rapport au seuil au fil des scénarios. Seul des tests permettent en revanche d'attester du réalisme des situations et de la perception du coût monétaire des scénarios.

La Figure 57 et le Tableau 67 fournissent des informations sur la consommation de carburant des enquêtés dans la réalité. Le Tableau 68 délivre des données sur les écarts moyens de consommation entre la situation de mobilité réelle et les situations de « nouvelles mobilités » au sein des scénarios.

Figure 57 - Consommation de carburant au sein de l'échantillon

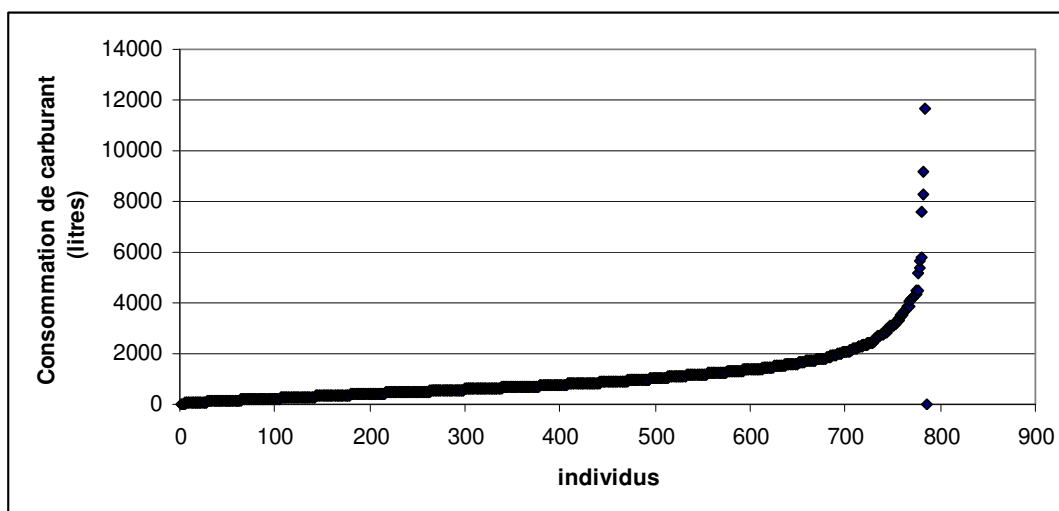


Tableau 67 - Informations sur la consommation de carburant au sein de l'échantillon

Consommation de carburant (Litres)	
Q1	1012
Mediane	1944
Q3	3346
Moyenne	2626
Ecart-type	2653

Tableau 68 - Ecart moyen de consommation de carburant entre la consommation réelle et la consommation au sein des scénarios

Ecart de consommation de carburant (Litres)	
Minimum	449
Maximum	5252
Q1	175
Mediane	319
Q3	557
Moyenne	449

Pour juger de l'efficacité de divers seuils d'allocation, nous observons dans chacun des cas le nombre de situations pour lesquelles les enquêtés seraient acheteurs de droits et payeurs de taxe ou vendeurs de droits et non payeurs de taxe. En déclinant cet indicateur pour chaque niveau du seuil d'allocation, nous observons la potentialité d'un basculement d'une situation pour laquelle l'enquêté est au dessus du seuil vers une situation pour laquelle il est en dessous.

Quatre définitions du seuil d'allocation initiale ont été testées (cf. Tableau 69).

Pour deux d'entre elles, le montant d'allocation de départ est défini de manière unique pour l'ensemble des individus (version 1 et 2), pour les deux restantes, le montant d'allocation de départ est défini de manière indépendante et personnalisée pour chaque individu (version 3 et 4).

Tableau 69 - Versions possibles de l'attribut « seuil d'allocation initiale »

Différentes versions de l'attribut "seuil d'allocation initial"	Niveaux d'attributs
version 1	1000 litres
	600 litres
	200 litres
version 2	1000 litres
	700 litres
	400 litres
	100 litres
version 3	-10%
	-25%
	-40%
version 4	-20%
	-30%
	-40%

Pour chacune de ces situations, le plan factoriel fractionné orthogonal de résolution IV est développé (cf. Annexe 17). Pour chaque plan factoriel, les attributs de réduction de la mobilité sont ceux présentés Tableau 66. En ce qui concerne l'attribut « prix » encore non défini, il est considéré comme ayant trois niveaux. La valeur des niveaux n'a pour l'heure aucune incidence.

Suivant le processus de personnalisation des scénarios, les « nouvelles mobilités » des enquêtés sont calculées. Elles sont ensuite comparées à l'allocation initiale.

Pour comparer l'efficacité des quatre versions sélectionnées pour définir le seuil d'allocation initiale, nous en observons l'effet sur la position « acheteur » « vendeur » des enquêtés au fil des scénarios (Tableau 70). Les seuils d'allocation permettant une plus grande diversité des situations dans lesquelles sont mis les enquêtés, sont privilégiés.

Lorsque le seuil d'allocation est défini de manière unique pour l'ensemble des individus, les scénarios sont assez mal répartis au sein de l'échantillon. Comme en témoigne les médianes, chaque niveau positionne une majorité de la population dans une situation identique. En revanche, cela permet un grand nombre de « basculements » d'une situation de vendeur à acheteur puisque pour le seuil le plus élevé (1000 L.), la *quasi* totalité des enquêtés sont vendeurs et pour le seuil le plus bas (200 L. ou 100 L.), ils sont presque tous dans la situation inverse. Parmi les versions 1 et 2, la seconde apparaît plus efficace puisqu'elle permet de multiplier la variété des situations et de réaliser les « basculements » d'une situation de vendeur à acheteur en douceur.

Lorsque le montant d'allocation de départ est défini de manière indépendante et personnalisée pour chaque individu, les situations « acheteur » « vendeur » sont mieux réparties comme en attestent les quartiles. Un grand nombre de basculements apparaissent également. Parmi les versions 3 et 4, la dernière est privilégiée puisque le seuil le moins restrictif répartit mieux les situations que la version 3. Lorsque le seuil

est fixé à -40%, presque tous les enquêtés sont vendeurs de droits.

Tableau 70 - Répartitions des situations « acheteur » / « vendeur » selon la définition de l'attribut « seuil d'allocation initiale »

		Niveaux de l'attribut "seuil d'allocation"								
Version 1		1000 Litres		600 Litres		200 Litres		-		
		Acheteur	Vendeur	Acheteur	Vendeur	Acheteur	Vendeur	-	-	
Version 1	Moyenne	4	12	4	4	7	1	-	-	
	Min	0	0	0	0	0	0	-	-	
	Max	16	16	8	8	8	8	-	-	
	Q1	0	8	0	0	8	0	-	-	
	Mediane	0	16	4	4	8	0	-	-	
	Q3	8	16	8	8	8	0	-	-	
Version 2		1000 Litres		700 Litres		400 Litres		100 Litres		
		Acheteur	Vendeur	Acheteur	Vendeur	Acheteur	Vendeur	Acheteur	Vendeur	
		Moyenne	2	6	3	5	5	3	8	0
		Min	0	0	0	0	0	0	0	0
		Max	8	8	8	8	8	8	8	8
		Q1	0	4	0	0	0	0	8	0
		Mediane	0	8	1	7	8	0	8	0
Q3	4	8	8	8	8	8	8	0		
Version 3		-10%		-25%		-40%		-		
		Acheteur	Vendeur	Acheteur	Vendeur	Acheteur	Vendeur	-	-	
		Moyenne	3	13	4	4	7	1	-	-
		Min	1	15	3	2	6	0	-	-
		Max	4	12	6	5	8	2	-	-
		Q1	2	12	4	3	7	0	-	-
Mediane	3	13	4	4	7	1	-	-		
Q3	4	14	5	4	8	1	-	-		
Version 4		-20%		-30%		-40%		-		
		Acheteur	Vendeur	Acheteur	Vendeur	Acheteur	Vendeur	-	-	
		Moyenne	7	9	5	3	7	1	-	-
		Min	3	13	4	1	6	0	-	-
		Max	9	7	7	4	8	2	-	-
		Q1	6	8	5	2	7	0	-	-
Mediane	7	9	5	3	7	1	-	-		
Q3	8	10	6	3	8	1	-	-		

Afin de trancher entre les versions 2 et 4 nous observons plus précisément la position des scénarios de « nouvelle mobilité » des enquêtés vis-à-vis des seuils (Tableau 71). La version 4 permet une meilleure répartition des scénarios autour des seuils. Dans le cas de la version 2, soit tous les scénarios des enquêtés sont « vendeur », soit ils sont tous « acheteur ».

Tableau 71 - Consommation de carburant au sein des « nouvelles mobilités » définies par les scénarios vs Seuils de consommation de carburant

		Nombre de scénarios	
		moyenne	médiane
Version 2	"Nouvelle mobilité" > Seuil 1000 L.	8	0
	"Nouvelle mobilité" < Seuil 1000 L. et > Seuil 700 L.	5	0
	"Nouvelle mobilité" < Seuil 700 L. et > Seuil 400 L.	8	0
	"Nouvelle mobilité" < Seuil 400 L. et > Seuil 100 L.	9	0
	"Nouvelle mobilité" > Seuil 400 L.	2	0
Version 4	"Nouvelle mobilité" > Seuil -20%	14	14
	"Nouvelle mobilité" < Seuil -20% et > Seuil -30%	8	8
	"Nouvelle mobilité" < Seuil -30% et > Seuil -40%	7	7
	"Nouvelle mobilité" > Seuil -40%	3	2

Le Tableau 72 détaille les « basculements » issus de ces deux définitions du seuil d'allocation. La version 4 permet une meilleure répartition des scénarios autour des seuils. Dans le cas de la version 2, soit tous les scénarios des enquêtés sont « vendeur », soit ils sont tous « acheteur ». Un basculement « autour de (1000) » signifie que selon les scénarios de « nouvelle mobilité », l'enquêté consomme soit plus de 1000 litres, soit entre 700 litres et 1000 litres. Deux basculement « autour de (1000-700) » signifie que selon les scénarios de « nouvelle mobilité », l'enquêté consomme soit plus de 1000 litres, soit entre 700 litres et 1000 litres.

La version 4 maximise clairement le nombre de basculements puisque aucune personne enquêté ne se trouve jamais en situation de basculement et 650 enquêtés ont des scénarios de nouvelle mobilité entre chaque niveau du seuil d'allocation.

Au regard de ces observations, il semble que le montant d'allocation de départ doive être défini de manière indépendante et personnalisée pour chaque individu. Compte tenu de l'implication du choix du seuil sur les niveaux de prix des alternatives, mieux vaut néanmoins conserver ces deux solutions lors de la dernière phase de sélection des niveaux d'attributs du prix.

Tableau 72 - « Basculements » de la position des enquêtés au fil des scénarios

		Nombre de "basculements"	
Version 2	Aucun basculement		276
	<i>Tous les scénarios sont > 1000</i>		118
	<i>Tous les scénarios sont dans [1000-700]</i>		0
	<i>Tous les scénarios sont dans [700-400]</i>		7
	<i>Tous les scénarios sont dans [400-100]</i>		124
	<i>Tous les scénarios sont < 100</i>		27
	1 basculement		434
	<i>Autour de (1000)</i>		103
	<i>Autour de (700)</i>		123
	<i>Autour de (400)</i>		168
	<i>Autour de (100)</i>		40
	2 basculements		74
	<i>Autour de (1000-700)</i>		69
	<i>Autour de (700-400)</i>		5
	<i>Autour de (400-100)</i>		0
3 basculements		0	
N		784	
Version 4	Aucun basculement		0
	1 basculement		21
	<i>Autour de (-20%)</i>		0
	<i>Autour de (-30%)</i>		0
	<i>Autour de (-40%)</i>		21
	2 basculements		113
	<i>Autour de (-20% : -30%)</i>		113
	<i>Autour de (-30% : -40%)</i>		0
	<i>Autour de (-40% : -50%)</i>		0
	3 basculements		650
N		784	

Sélection des niveaux d'attributs du prix

La combinaison du niveau de prix et du seuil d'allocation initial, détermine le montant à payer pour les payeurs de taxe et les acheteurs de droits et le montant qui sera perçu par les vendeurs de droits. Cela permet également de fixer pour chaque enquêté et dans le cadre de chaque scénario, le montant à payer pour les situations de *stand by*, toujours présentes au sein des *trade off*. Le prix choisi doit être ressenti par les enquêtés sans pour autant créer de blocage

Dans le cadre de la mise en place de la taxe carbone en France, la contribution climat énergie avait initialement recommandé un montant de 32 € par tonne de CO₂ émise. Le montant finalement retenu par le gouvernement était de 17 € / tonne CO₂.

A partir de ces recommandations et de la structure de notre échantillon⁶⁹, on obtient une valeur de référence de 0,08 € / L de carburant consommé. Dans un premier temps nous retenons donc 0,10 € / L de carburant consommé comme valeur de référence pour la taxe ou les droits. En choisissant ce niveau, nous trouvons un point de référence avec la réalité ce qui est fondamental pour les enquêtés ainsi que pour l'analyse des résultats.

Lors des entretiens réalisés au cours de l'EIRD, trois niveaux de prix ont été testés : 0,2 €, 0,5 € et 1 € supplémentaire par litre de carburant. Ces niveaux étaient jugés élevés lorsqu'ils ont été déterminés et avaient pour but de faire réagir les enquêtés. Lors des entretiens, ces niveaux ont incité de nombreux ménages à modifier leurs comportements et n'ont pas créé de blocage général.

A partir de ces informations, nous comparons trois combinaisons de niveaux d'attributs prix différentes. Pour chacune d'elles, les niveaux de l'attribut prix sont compris entre 0,1€ pour faire référence à la taxe carbone envisagée et 1€ puisque ce seuil haut a bien fonctionné lors de l'EIRD. Nous comparons également les deux seuils d'allocation initiale retenus auparavant.

A partir des valeurs d'élasticité, nous pouvons voir que cette fourchette de valeurs correspond bien à ce que l'on peut attendre. Puisque les véhicules de notre échantillon consomment en moyenne 6L /100km et car la relation entre la consommation de carburant et les émissions de CO₂ est linéaire, réduire les émissions de CO₂ par quatre ou de 20% revient respectivement à diminuer la consommation totale de carburant de 75% ou de 20%. Pour se faire, selon l'élasticité de la demande au prix du carburant de court terme, une augmentation du prix de 10% entraîne une baisse de 3% de la demande. Il faudrait donc augmenter le prix de 250% pour atteindre le facteur 4 et de 67% pour réduire les émissions de 20%. Cela correspondrait à un prix supplémentaire par litre de carburant de 3,3 € ou de 0,87 €⁷⁰.

Afin de juger de la solution à retenir pour le *design* de l'EPD, nous calculons la distribution du montant à payer par les enquêtés dans les situations de « *stand by* » (Tableau 73) et les prix moyens à l'achat et à la vente au sein des scénarios (Tableau 74).

En comparant les prix du « *stand by* », nous confirmons tout d'abord qu'un montant d'allocation de départ définit de manière indépendante et personnalisée pour chaque individu (version 4) est plus efficace puisqu'au contraire, lorsque le montant d'allocation de départ unique, le prix du *stand by* est négatif pour plus de 25% des enquêtés. Cela signifie que les scénarios correspondant ne sont pas à l'origine de situations incitatives. Sans modifier leur mobilité, les personnes enquêtées sont vendeuses de droits ou non payeuses de taxe.

En revanche, la version 4 sous entend des prix moins élevés et une diversité en la matière moindre au sein de l'échantillon.

⁶⁹ Au sein de notre échantillon, les véhicules émettent en moyenne 152 g CO₂ / 100 km et consomment en moyenne 6 L de carburant tous les 100 km.

⁷⁰ Sur la base d'un prix du carburant de 1,3 € / litre.

Tableau 73 - Prix du *stand by* au fil des scénarios selon les niveaux définis pour l'attribut « prix » et le seuil d'allocation retenu

		Prix du <i>stand by</i>		
Niveaux d'attributs (€/L.) :		0,1 / 0,3 / 0,6	0,1 / 0,5 / 1	0,1 / 0,4 / 0,7 / 1
Version 2	Moyenne	136	210	384
	Ecart type	395	654	774
	Q1	-28	-31	-41
	Mediane	44	49	113
	Q3	177	240	536
Version 4	Moyenne	79	122	158
	Ecart type	124	208	226
	Q1	16	18	31
	Mediane	38	47	86
	Q3	92	142	197

Le prix au sein des scénarios confirme que la version 2 est à l'origine de prix plus élevés que la version 4. Néanmoins, au regard de l'ensemble des observations précédentes, nous définissons l'attribut seuil d'allocation initiale selon trois niveaux : -20%, -30% et -40% de la consommation de carburant individuelle.

En ce qui concerne l'attribut prix, nous retenons quatre niveaux : 0,1€, 0,4€, 0,7€ et 1€ supplémentaire par litre de carburant consommé. Parmi les trois solutions que nous avons envisagé, c'est celle qui mène aux niveaux de prix les plus élevés avec par ailleurs une grande diversité au sein de l'échantillon.

Tableau 74 - Prix au sein des scénarios selon les niveaux définis pour l'attribut « prix » et le seuil d'allocation retenu

		Prix associés aux scénarios					
Niveaux d'attributs (€/L.) :		0,1 / 0,3 / 0,6		0,1 / 0,5 / 1		0,1 / 0,4 / 0,7 / 1	
		à l'achat	à la vente	à l'achat	à la vente	à l'achat	à la vente
Version 2	Moyenne	107	-207	166	-320	97	-523
	Ecart type	118	350	203	587	70	704
	Q1	28	-233	30	-349	44	-671
	Mediane	61	-92	68	-112	77	-301
	Q3	151	-35	252	-40	143	-107
Version 4	Moyenne	15	-63	19	-103	58	-83
	Ecart type	23	115	33	192	107	146
	Q1	4	-72	4	-117	7	-94
	Mediane	8	-24	9	-36	22	-36
	Q3	18	-7	21	-9	65	-13

Design final de l'EPD

Maintenant que nous avons arbitré parmi l'ensemble des choix méthodologiques possibles pour l'EPD, nous connaissons le *design* définitif.

Il se compose de huit attributs qui donnent lieu à 32 situations différentes lorsque l'on

retient comme nous l'avons fait le plan factoriel fractionné de résolution IV⁷¹.

Tableau 75 - Attributs de l'EPD (Voiture)

Attributs			Niveaux d'attributs	
Très courte distance	(TCD)	de 0 à 10 km	en nombre de déplacements à supprimer	-0%
				-15%
				-30%
				-45%
Courte distance	(CD)	de 10 à 20 km	" "	-0%
				-15%
				-30%
				-45%
Moyenne distance	(MD)	de 20 à 60 km	" "	-0%
				-15%
				-30%
				-45%
Longue distance	(LD)	de 60 à 300 km	" "	-0%
				-15%
				-30%
				-45%
Très longue distance	(TLD)	au-delà de 300 km	" "	-0%
				-15%
				-30%
				-45%
Seuil d'allocation initiale	(All.)		en nombre de litres de carburant	-20%
				-30%
				-40%
Prix	(P)			0,1
			en € / litre de carburant	0,4
				0,7
				1
Outil de régulation			Taxe	
			Crédits	

Afin de constituer les *trade off*, nous utilisons la méthode du *shifting* (**Bunch et al., 1994**). A partir du plan factoriel de base, nous développons un nouveau plan factoriel identique mais pour lequel chaque attribut est augmenté d'un niveau⁷². A partir de ce nouveau plan factoriel, nous en développons un autre selon le même procédé. Puis un quatrième sur la base du troisième. Nous obtenons ainsi 4 plans factoriels.

Pour constituer les *trade off*, une première situation fictive est tirée au sort dans le plan factoriel de base et constitue la première option. Parmi l'ensemble des situations des trois autres plans factoriels que nous avons construit par *shifting*, nous en tirons une au hasard selon la condition qu'elle a le même seuil d'allocation et le même prix de référence. Ce scénario constitue la seconde option. Enfin à partir du prix du *stand by* nous obtenons la troisième option.

Nous avons donc choisi de s'opposer entre elles que des situations au même niveau d'allocation et au même prix. Il semblait tout d'abord nécessaire de ne confronter que des situations aux conditions politiques de mise en œuvre identiques. Ensuite, cela facilite la compréhension des enquêtés à qui le niveau d'allocation et de prix étaient énoncés.

⁷¹ D'après la typologie des plans factoriels de Kocur et al. (1982)

⁷² Au lieu de -0%, vient -15% ; au lieu de 0,1€ vient 0,4€...

Tableau 76 - Plan factoriel (Voiture)

Scénario	TCD	CD	MD	LD	TLD	Prix	Seuil d'allocation
1	0%	30%	30%	30%	0%	0,7	20%
2	30%	15%	30%	0%	0%	0,4	20%
3	15%	45%	30%	15%	15%	0,1	20%
4	15%	0%	15%	15%	0%	0,4	30%
5	15%	30%	45%	30%	30%	0,1	20%
6	30%	0%	45%	45%	45%	0,4	20%
7	30%	45%	0%	45%	30%	0,1	30%
8	45%	0%	30%	45%	15%	1	20%
9	15%	30%	45%	45%	0%	1	30%
10	45%	30%	0%	15%	15%	0,4	20%
11	45%	45%	15%	30%	30%	0,4	20%
12	0%	0%	0%	0%	0%	0,1	20%
13	45%	15%	45%	15%	0%	0,1	40%
14	30%	45%	0%	30%	0%	1	20%
15	0%	0%	0%	15%	30%	1	40%
16	45%	30%	0%	0%	45%	0,7	30%
17	0%	45%	45%	0%	15%	0,4	30%
18	0%	45%	45%	15%	45%	0,7	20%
19	15%	45%	30%	0%	45%	1	40%
20	45%	0%	30%	30%	45%	0,1	30%
21	0%	15%	15%	30%	15%	1	30%
22	15%	15%	0%	45%	15%	0,7	20%
23	30%	30%	15%	0%	15%	0,1	40%
24	45%	15%	45%	0%	30%	1	20%
25	30%	15%	30%	15%	30%	0,7	30%
26	15%	0%	15%	0%	30%	0,7	20%
27	30%	0%	45%	30%	15%	0,7	40%
28	0%	30%	30%	45%	30%	0,4	40%
29	15%	15%	0%	30%	45%	0,4	40%
30	45%	45%	15%	45%	0%	0,7	40%
31	30%	30%	15%	15%	45%	1	20%
32	0%	15%	15%	45%	45%	0,1	20%

L'EPD propre à l'avion est développée d'après la même logique de personnalisation afin de pouvoir comparer les résultats obtenus pour la mobilité en voiture et en avion. C'est donc sur la base des choix réalisés suite aux tests de *design* qui ont été effectués auparavant, que l'EPD avion est créée.

Par contre, les niveaux d'attributs retenus pour le prix et pour le nombre de déplacements à ne plus réaliser en avion changent pour s'adapter aux caractéristiques de la mobilité en avion.

Tout d'abord, la taille de l'échantillon d'EPD qui sera récolté sera moindre pour l'EPD avion puisqu'une part plus faible de l'échantillon est concernée par ces déplacements. Nous avons donc fait le choix de limiter le nombre de niveaux pour réduire le nombre de scénarios issus du plan factoriel. Deux niveaux de prix sont retenus au sein de l'intervalle prédéfini au préalable (0 € - 1 €). Trois niveaux sont retenus pour l'attribut du nombre de déplacements à supprimer.

En ce qui concerne le prix, les niveaux les plus bas sont abandonnés compte tenu de l'importance attribuée par les enquêtés à ces déplacements (**Bristow, 2008**). Les

niveaux retenus sont de 0,4 € et de 0,8 € par litre de carburant consommé au-delà du seuil d'allocation initial. Seuls deux niveaux sont déterminés pour le seuil d'allocation de départ.

Les niveaux représentant la réduction de la mobilité en avion sont définis selon trois niveaux particuliers de -0%, -51% et -60%. Puisque 42% des enquêtés n'ont réalisé qu'un déplacement en avion au cours des trois dernières années et que 26% n'en ont réalisé que deux, il était nécessaire de fixer un seuil supérieur à -50% pour les contraindre à réduire le nombre de déplacements qu'ils font en avion. Pour les individus se déplaçant au moins une fois par an en avion, un seuil de -60% impose de supprimer plus d'un déplacement en avion. Ces seuils artificiels permettent d'imposer des contraintes qui nous semblaient acceptables et ressentis.

Tableau 77 - Attributs de l'EPD

	Attributs		Niveaux d'attributs
Déplacements Avion	(A)	en nombre de déplacements à supprimer	-0% -51% -60%
Seuil d'allocation initiale	(All.)	en nombre de litres de carburant	-20% -30%
Prix	(P)	en € / litre de carburant	0,4 0,8
Outil de régulation			Taxe Crédits

Tableau 78 - Plan factoriel (Avion)

Scénario	A	Prix	Seuil d'allocation
1	60%	40%	0,2
2	60%	80%	0,2
3	51%	40%	0,2
4	51%	80%	0,2
5	0%	40%	0,2
6	0%	80%	0,2
7	60%	40%	0,3
8	60%	80%	0,3
9	51%	40%	0,3
10	51%	80%	0,3
11	0%	40%	0,3
12	0%	80%	0,3

Les *trade off* sont constitués de manière identique et ne comporte que deux options et non trois puisque les deux situations de réduction de la mobilité en avion étaient souvent trop proches du fait du faible nombre de déplacements effectués en avion pour que l'écart entre les scénarios soit ressenti par les enquêtés.

Comme précédemment, des *trade off* de trois options sont donc constitués, puis, parmi les deux situations de réduction de la mobilité, une est tirée au hasard.

Comme on le voit grâce au Tableau 79, l'impact financier au sein des scénarios est proche de ce qui apparaît pour les scénarios « voiture ».

Tableau 79 - Plan factoriel (Avion)

Prix du <i>stand by</i>	
Moyenne	98
Ecart type	150
Q1	27
Mediane	56
Q3	115

2.4 - Phase de récolte des données d'EPD

Une fois conçus, les questionnaires d'EPD ont été envoyés par courrier à l'ensemble de l'échantillon. Puisque l'enquête précédente avait eu lieu 6 mois auparavant, chaque personne était prévenue par téléphone avant envoi du questionnaire. Cela a permis **(a)** de limiter le nombre de questionnaires confondus avec de la publicité, **(b)** de relancer le contact avec les enquêtés et **(c)** de simplifier au maximum le travail des enquêteurs d'EPD.

Chaque courrier contenait :

- Une introduction rappelant dans quel cadre se situe l'enquête ;
- Une feuille regroupant l'ensemble des déplacements mentionnés par l'enquêté lors de l'enquête précédente (cf. Figure 58, Figure 59). Chaque déplacement est numéroté ;
- Une seconde enveloppe à n'ouvrir qu'au moment même de l'appel contenant les jeux de scénarios (cf. Figure 60, Figure 61, Figure 62) ;
- Une liste de phrases permettant de positionner les enquêtés au sein de la typologie établie dans l'enquête de « réponses déclarées » (cf. Figure 64). L'ordre des phrases au sein des bulles était aléatoire.

Au cours de tests du questionnaire d'EPD, nous avons pu observer la lourdeur intellectuelle de la tâche pour les enquêtés. Tout d'abord, le questionnaire nécessite de se replonger dans un contexte de mobilité passé. Les enquêtés doivent ensuite intégrer le fonctionnement du questionnaire et notamment le regroupement en classes des déplacements. Enfin, les données sont récoltées par téléphone.

C'est pourquoi nous avons choisi de ne présenter que quatre scénarios aux enquêtés ne voyageant qu'en voiture et six scénarios (4 scénarios en voiture, 2 scénarios en avion) pour ceux utilisant aussi l'avion.

Le temps de passage du questionnaire variait entre 10 et 20 minutes selon les cas. Les enquêteurs ont témoigné d'un niveau de concentration constant des enquêtés au fil des scénarios.

Figure 58 - Liste des déplacements fournis aux enquêtés (Voiture)



Vos Déplacements personnels en VOITURE

269

<i>catégorie</i>		<i>Destination</i>	<i>Activité</i>	<i>Nombre de fois</i>		<i>n°</i>
	Très courte distance	IRIGNY	JOURNEE	1 ~ semaine	47	1
		SAINT-FONS	ACHAT	2 ~ semaine	94	2
		VÉNISSIEUX	ACCOMPAGNEMENT	5 ~ semaine	235	3
		SAINT-FONS	TRAVAIL	5 ~ semaine	235	4
	Courte distance					
	Moyenne distance	JONAGE	JOURNEE	1 ~ semaine	47	5
	Longue distance					
	Très longue distance	VALRAS-PLAGE	WEEK END	1 / an		6

Figure 59 - Liste des déplacements fournis aux enquêtés (Avion)

Vos Déplacements personnels en AVION


catégorie	Destination	Activité	Nombre de fois	N°
 Avion	angleterre		1	A1
	maroc		1	A2
	russie		1	A3
	tunisie		1	A4

Figure 60 - Exemple de scénario de régulation *via* taxe (Voiture)

269

Taxe

SCENARIO 2

Payant à partir de : 364 litres
Prix du litre supplémentaire : 0,7 €







	Option 1	Option 2	Option 3...
	Je n'utilise plus ma voiture pour : ...	Je n'utilise plus ma voiture pour : ...	
	... 302 déplacement(s) très courte distance par an ~ 5 - semaine	...	
			
		... et 21 déplacement(s) moyenne distance par an ~ 2 # mois	- Je ne change rien et je paie 109 € de plus par an.
			
			
	... et je paie une taxe d'un montant de 4 €	... et je paie une taxe d'un montant de 31 €	

Figure 61 - Exemple de scénario de régulation *via* taxe (Avion)

775

Taxe

SCENARIO 6

Payant à partir de : 433 litres
Prix du litre supplémentaire : 0,4 €



	Option 1	Option 3...
	Je n'utilise plus ma voiture pour : ...	
	... 2 déplacement(s) en avion	- Je ne change rien et je paie une taxe de 74 € de plus par an.
	... et je ne paie rien	

Figure 62 - Exemple de scénario de régulation *via* permis d'émission (Voiture)

269

Points

SCENARIO 3

Payant à partir de : 416 litres
 Prix du litre supplémentaire : 0,7 €







	Option 1	Option 2	Option 3...
	Je n'utilise plus ma voiture pour : ...	Je n'utilise plus ma voiture pour : ...	
	... 201 déplacement(s) très courte distance par an ~ 4 - semaine	... 302 déplacement(s) très courte distance par an ~ 5 - semaine	- Je ne change rien et je j'achète des points pour une valeur de 104 € par an.
			
		... et 21 déplacement(s) moyenne distance par an ~ 2 # mois	
			
			
	... et je rachète des points pour une valeur de 23 €	... et je revends des points pour une valeur de -130 €	

Figure 63 - Exemple de scénario de régulation *via* permis d'émission (Avion)

775

Points

SCENARIO 5

Payant à partir de : 494 litres
 Prix du litre supplémentaire : 0,4 €



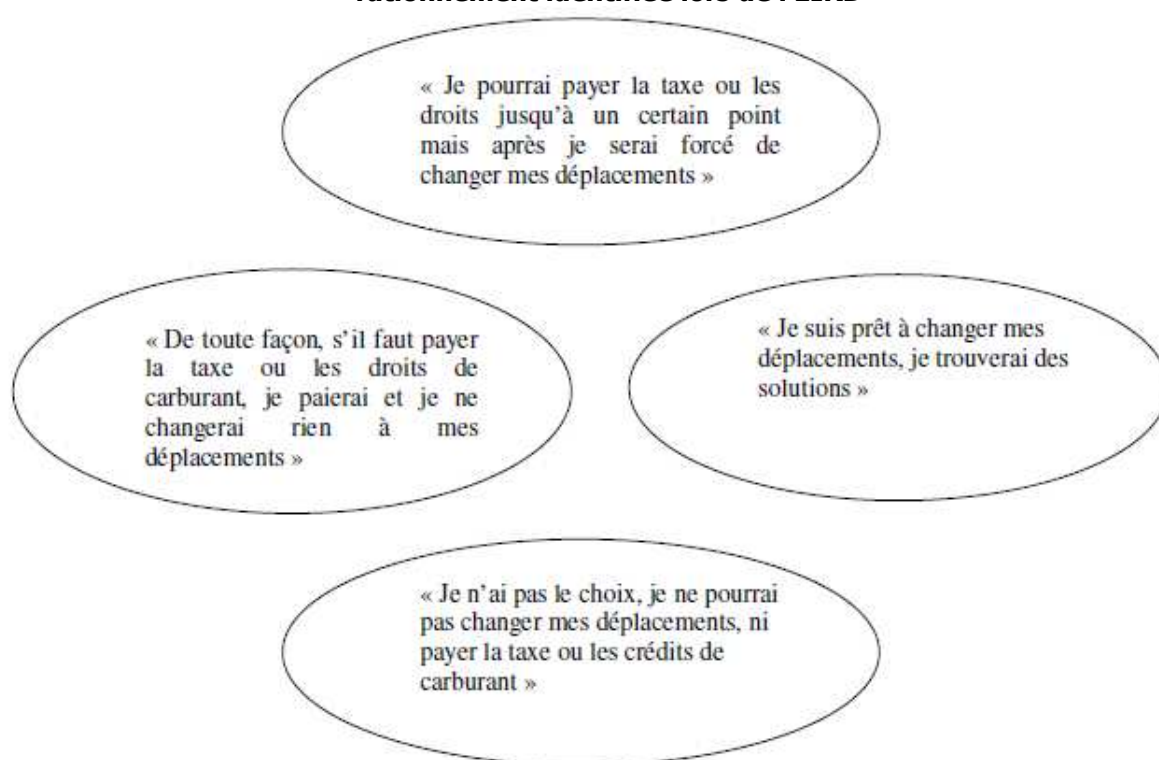
	Option 1	Option 3...
	Je n'utilise plus ma voiture pour : ...	
	... 2 déplacement(s) en avion	- Je ne change rien et je paie une taxe de 49 € de plus par an.
	... et je revends des crédits pour une valeur de -77 €	

Figure 64 - Phrases de reconstitution de la typologie de comportements face au rationnement identifiée lors de l'EIRD



3 - Méthodologie d'estimation

Les modèles des données de l'EPD sont calibrés sur la base de modèles de choix discret dont on retrouve les caractéristiques dans **Train (1983)** ou **Ben-Akiva et Lerman (1985)**.

Pour ce qui est de la première EPD qui traite des déplacements personnels en voiture, les individus interrogés choisissent parmi trois situations caractérisées par des contraintes en termes de mobilité et un gain ou un coût monétaire. L'utilité associée à chaque situation est fonction **(1)** de la valeur des attributs au fil des scénarios soit du nombre de déplacements ne devant plus être réalisés en voiture par catégorie de distance ($x_{TCD}, x_{CD}, x_{MD}, x_{LD}, x_{TLP}$), du niveau d'allocation initiale de carburant combiné au prix par litre de carburant consommé au-delà du seuil d'allocation de départ qui déterminent le coût ou le gain de la régulation (x_p), de l'outil de régulation retenu (x_r); **(2)** de l'utilité marginale de chaque attribut ($\beta_{TCD}, \beta_{CD}, \beta_{MD}, \beta_{LD}, \beta_{TLD}, \beta_{all}, \beta_p, \beta_r$) et **(3)** du terme d'erreur associé à chaque alternative ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$). Chaque personne compare l'utilité qu'il retire de chaque alternative (U_1, U_2, U_3):

$$U_1 = \beta_{TCD} \cdot x_{(1)TCD} + \beta_{CD} \cdot x_{(1)CD} + \beta_{MD} \cdot x_{(1)MD} + \beta_{LD} \cdot x_{(1)LD} + \beta_{TLD} \cdot x_{(1)TLD} + \beta_p \cdot x_{(1)p} + \varepsilon_1$$

$$U_2 = \beta_{TCD} \cdot x_{(2)TCD} + \beta_{CD} \cdot x_{(2)CD} + \beta_{MD} \cdot x_{(2)MD} + \beta_{LD} \cdot x_{(2)LD} + \beta_{TLD} \cdot x_{(2)TLD} + \beta_P \cdot x_{(2)P} + \varepsilon_2$$

$$U_3 = \beta_{TCD} \cdot x_{(3)TCD} + \beta_{CD} \cdot x_{(3)CD} + \beta_{MD} \cdot x_{(3)MD} + \beta_{LD} \cdot x_{(3)LD} + \beta_{TLD} \cdot x_{(3)TLD} + \beta_P \cdot x_{(3)P} + \varepsilon_3$$

Pour la seconde EPD, qui traite des déplacements personnels en avion, les individus interrogés choisissent parmi deux situations caractérisées ici encore par des contraintes en termes de mobilité et un gain ou un coût monétaire. L'utilité associée à chaque situation est toujours fonction **(1)** de la valeur des attributs au fil des scénarios soit uniquement du nombre de déplacements ne devant plus être réalisés en avion (x_A), du niveau d'allocation initiale de carburant combiné au prix par litre de carburant consommé au-delà du seuil d'allocation de départ qui déterminent le coût ou le gain de la régulation ($x_{P.A}$), de l'outil de régulation retenu (x_R) et **(2)** de l'utilité marginale de chaque attribut ($\beta_A, \beta_{all}, \beta_{P.A}, \beta_R$) et **(3)** du terme d'erreur associé à chaque alternative ($\varepsilon_1, \varepsilon_2$). Les fonctions d'utilité (U_1, U_2) sont notées :

$$U_1 = \beta_A \cdot x_{(1)A} + \beta_{P.A} \cdot x_{(1)P.A} + \varepsilon_1$$

$$U_2 = \beta_A \cdot x_{(2)A} + \beta_{P.A} \cdot x_{(2)P.A} + \varepsilon_2$$

3.1 - Représentation des probabilités de choix

Les estimations réalisées à partir d'un logit simple reposent sur l'hypothèse de constance d'un individu à un autre des coefficients représentant l'utilité marginale associée à chaque attribut. Selon l'hypothèse propre aux modèles logit, chaque ε suit une distribution de Gumbel. La probabilité que l'individu n choisisse l'alternative (1) s'écrit :

$$P_n^1 = \frac{e^{\beta \cdot \Delta x_{n(1)}}}{\sum_j e^{\beta \cdot \Delta x_{n(j)}}}$$

$$P_n^1 = \frac{e^{\beta \cdot \Delta x_{n(1)}}}{e^{\beta \cdot \Delta x_{n(1)}} + e^{\beta \cdot \Delta x_{n(2)}} (+ e^{\beta \cdot \Delta x_{n(3)}})}$$

3.2 - Estimation des probabilités de choix

Quelle que soit la fonction logit retenue, c'est sur la base du choix de chaque individu que les paramètres β sont estimés par le maximum de vraisemblance sur la base de la fonction log de vraisemblance de la probabilité de choix. Pour chaque alternative, le choix des enquêtés est représenté par une variable binaire y_{nj} prenant les valeurs 1 lorsque l'alternative est choisie et 0 lorsqu'elle ne l'est pas. On estime alors la probabilité de choix d'une alternative à partir de la fonction log de vraisemblance de P_n^1 :

$$\ln L = \sum_n \ln P_n = \sum_n \sum_j y_n \ln P_n^j$$

Nous recherchons ensuite par simulation les valeurs des paramètres à estimer β qui maximisent le logarithme de la fonction de vraisemblance.

Dans le cadre d'un logit mixte, l'estimation des résultats est plus indirecte puisque la valeur de β est aléatoire. La probabilité de choix est observée pour toutes les valeurs de β dont la distribution est représentée par les paramètres θ et dont la densité est notée θ . La probabilité de logit mixte est la moyenne pondérée de la formule du logit standard évaluée pour les différentes valeurs possibles de β :

$$P_n^T = P(\Delta x_n, \beta_n) = \int_{\beta} \frac{e^{\beta_n \Delta x_n}}{1 + e^{\beta_n \Delta x_n}} f(\beta, \theta) d\beta$$

Puisqu'il n'existe pas d'expression explicite pour cette intégrale, la probabilité doit être approximée par simulation pour toute valeur tirée au hasard de θ . Nous obtenons la probabilité simulée et le log de vraisemblance simulé à partir de la moyenne arithmétique de l'ensemble des résultats obtenus à partir des tirages.

Lors de l'EPD, les individus étaient interrogés quatre fois, notre échantillon présente une dimension de panel puisque les réponses fournies pour les cinq scénarios proposés à un même individu correspondent aux mêmes paramètres inconnus β . Cette dimension panel doit être prise en compte. Pour se faire, il faut inclure dans la fonction de vraisemblance la probabilité jointe associée aux quatre scénarios soumis à chaque individu. Il s'agit désormais de définir pour chaque individu lors des tirages aléatoires de β quatre probabilités de choix fonctions des caractéristiques de chaque mode (x_T, x_{VP}) lors des scénarios, pour des paramètres aléatoires β identiques :

$$P_{n1} = P(\beta_n, \Delta x_{n1}), P_{n2} = P(\beta_n, \Delta x_{n2}), \dots, P_{n3} = P(\beta_n, \Delta x_{n3})$$

Comme auparavant, nous obtenons la probabilité globale simulée et la fonction log de vraisemblance simulée à partir de la moyenne arithmétique de l'ensemble des résultats obtenus à partir des tirages.

C - Caractéristiques de l'échantillon de l'enquête préférences déclarées

La collecte des données d'EPD a été réalisée par téléphone entre 17h et 20h30 au cours de 3 semaines d'enquête qui ont eu lieu de Janvier à Février 2010. Au terme du passage des questionnaires, 314 individus ont été interrogés dont 168 étaient aussi concernés par l'EPD traitant des déplacements en avion.

Parmi les 786 individus composant notre base de sondage de départ, nous avons fait le choix de n'interroger que des conducteurs consommant plus de 300 litres de carburant chaque année (soit un parcours automobile annuel d'environ 4000 km). Nous avons pu constater que les conducteurs moins intensifs étaient confrontés à des scénarios à l'origine d'arbitrages plus sommaires compte tenu du nombre limité de déplacements qu'ils réalisent (peu de marge d'adaptation et un coût monétaire du rationnement réduit). Nous avons donc souhaité focaliser nos moyens temporels et financiers sur les conducteurs plus intensifs. Parmi les 786 individus disponibles au départ, 178 personnes ont ainsi été mises à l'écart.

D'autres individus interrogés n'ont par ailleurs pas été retenus au sein de l'échantillon final sur la base de questions de contrôle intégrées au questionnaire. Ces questions ont permis de valider la qualité des données obtenues.

Après avoir présenté aux enquêtés la liste des déplacements recensés lors de l'enquête précédente, il leur était demandé si celle-ci constituait une bonne représentation de leur mobilité de l'époque. Il pouvait répondre parmi les items « tout à fait », « plutôt oui », « plutôt non » et « pas du tout » (cf. Tableau 80). Le questionnaire n'a pas été soumis aux enquêtés répondant « pas du tout ». Ce fut le cas de 8 personnes. Avant le traitement, les quatre individus ayant répondu « plutôt non » ont ainsi été retirés de la base de données.

Tableau 80 - Evaluation de la qualité de la retranscription des déplacements

Les déplacements présentés dans la liste constituent-ils une bonne représentation de votre mobilité à l'époque ?		
Tout à fait	187	59%
Plutôt oui	122	38%
Plutôt non	4	1%
Pas du tout	8	2%
Non renseigné	1	0,3%

Une fois les données récoltées, les enquêteurs évaluaient la qualité du travail de projection de l'enquêté. A-t-il pris conscience des implications de ses choix ? En termes d'organisation quotidienne de sa mobilité ? En termes de coût financier et d'impact sur son budget ? La réponse donnée était-elle raisonnée ?... Chaque questionnaire était positionné au sein d'une échelle qualitative allant de « l'enquêté a réfléchi, compris le questionnaire » à « l'enquêté n'a pas compris ou n'a pas voulu comprendre » (cf. Tableau 81).

Tableau 81 - Evaluation de la qualité de la projection des enquêtés lors de l'EPD

Quelle qualité pour les informations fournies par les enquêtés?		
"L'enquêté à réfléchi, compris le questionnaire"	173	55%
"L'enquêté a eu besoin d'explication répétée pour comprendre mais a finalement bien saisi le questionnaire et s'est pris au jeu"	101	32%
"L'enquêté a donné l'impression de ne pas vraiment comprendre les situations. Ses réponses semblaient hasardeuse"	27	9%
"L'enquêté n'a pas compris ou n'a pas voulu comprendre le questionnaire"	2	0,6%
Non renseigné	11	3,5%

D'après le jugement des enquêteurs et des échanges au sein de l'équipe⁷³, 29 questionnaires n'ont pas été retenus pour les estimations afin de dissiper tout doute quant à la qualité des données.

Finalement, 283 questionnaires corrects ont été récoltés dont 151 comprennent des scénarios concernant les déplacements en avion. L'ensemble des questionnaires représente 1132 réponses à des scénarios « voiture » et 302 réponses à des scénarios « avion ».

L'ensemble des *trade off* incohérents ou laissant apparaître des situations de dominance ont également été supprimés avant de réaliser les appels et n'ont donc pas été soumis aux enquêtés. Cela représente 8% de l'ensemble des scénarios ayant été produits pour les situations en voiture et aucun pour les situations en avion. A cela s'ajoute deux scénarios avion dont les réponses ont été mal notées.

La base de données définitive se compose donc de 283 individus pour 994 réponses à des scénarios « voiture » et de 151 individus pour 284 réponses à des scénarios « avion ».

En dernier lieu, lors de l'envoi des chèques cadeaux, les enquêtés étaient à nouveau sollicités pour informer du revenu mensuel de leur ménage, de leur CSP ainsi que de la possession ou non d'un abonnement aux transports en commun. 260 personnes ont transmis ces informations.

1 - Qui sont les individus enquêtés lors de l'EPD ?

Les individus enquêtés lors de l'EPD présentent des caractéristiques socio démographiques (Tableau 82) très proches de ce qui a été observé au cours de l'enquête quantitative (Tableau 55). Bien que les personnes interrogées aient été sélectionnées de manière aléatoire, la structure de l'échantillon n'est pas modifiée et aucune caractéristique de la population n'est finalement surreprésentée. Les utilisateurs de l'avion ne se différencient d'ailleurs pas du reste de la population (cf.

⁷³ Dès lors que la réponse de l'enquêté était jugée hasardeuse par l'enquêteur, le questionnaire était retiré.

Tableau 83).

L'échantillon d'EPD que nous avons obtenu n'a pas été formé en respectant des quotas afin de représenter au mieux la population locale. Compte tenu de la lourdeur du travail de collecte de données puisqu'il est réalisé en plusieurs étapes, la définition de quotas aurait rallongé et complexifié le travail des enquêteurs. De plus, il était difficile de dégager un profil type de conducteur sur la zone géographique concernée qui regroupait à la fois le centre de Lyon ainsi et des zones hétérogènes de sa périphérie. Certains enquêtés étaient localisés hors du département du Rhône.

Les personnes enquêtés ont donc été sélectionnées de manière aléatoire **(a)** lorsque les données de mobilité ont été réunies puis à nouveau **(b)** lors du passage de l'EPD. La structure de l'échantillon constitué n'est donc pas parfaitement représentative de la population de conducteurs Lyonnais mais garantit la présence de segments de population variés (hypercentre / zones rurales, conducteurs plus ou moins intensifs, ménages avec ou sans enfants, ...).

Tableau 82 - Caractéristiques socio-économique de l'échantillon d'EPD (N=283)

		Echantillon EPD
Age	18-24 ans	14%
	25-34 ans	26%
	35-49 ans	32%
	50-65 ans	22%
	+ de 65 ans	6%
Sexe	Homme	52%
	Femme	48%
Taille du ménage	1	18%
	2	32%
	3	22%
	4	16%
	5	10%
	+ de 5	3%
Nombre d'enfants mineurs	0	64%
	1	17%
	2	12%
	3	6%
	+ de 3	1%
Localisation	urbain dense	40%
	péri-urbain	36%
	rurale	24%
Niveau d'activité	Activité temps plein	61%
	Activité temps partiel	12%
	Etudiant	7%
	Autres	20%
Catégorie socio-professionnelle	Agriculteur	0% (1 personne)
	Artisans, commerçants et chef d'entreprise	3%
	Cadres et professions libérales	18%
	Employés	38%
	Fonctionnaire	0% (1 personne)
	Ouvriers	4%
	Professions Intermédiaires	8%
	Retraités	15%
	Autres	12%
Revenu	moins de 1500 €	21%
	entre 1500 € et 2500 €	28%
	entre 2500 € et 3500 €	24%
	entre 3500 € et 4500 €	12%
	plus de 4500 €	14%
	Ne se prononce pas	1%
Abonné des transports en commun	Oui	20%
	Non	80%

La variable de localisation des enquêtés a été composée sur la base **(a)** de la localisation des communes d'habitation, en distinguant Lyon et Villeurbanne des communes de premières couronne (communes attenantes à Lyon et Villeurbanne) et des communes localisées au-delà, puis **(b)** en fonction de la densité des communes.

L'Annexe 19 présente la classification des différentes communes d'habitation des enquêtés.

Tableau 83 - Caractéristiques socio-économique de l'échantillon d'EPD qui utilise l'avion (N=151)

Echantillon EPD utilisateur de l'avion		
Age	18-24 ans	14%
	25-34 ans	28%
	35-49 ans	28%
	50-65 ans	23%
	+ de 65 ans	7%
Sexe	Homme	53%
	Femme	47%
Taille du ménage	1	21%
	2	33%
	3	19%
	4	14%
	5	10%
	+ de 5	3%
Nombre d'enfants mineurs	0	68%
	1	13%
	2	12%
	3	7%
Localisation	urbain dense	41%
	péri-urbain	35%
	rural	24%
Niveau d'activité	Activité temps plein	60%
	Activité temps partiel	14%
	Etudiant	5%
	Autres	22%
Catégorie socio-professionnelle	Agriculteur	0% (0 personne)
	Artisans, commerçants et chef d'entreprise	3%
	Cadres et professions libérales	25%
	Employés	34%
	Fonctionnaire	1%
	Ouvriers	2%
	Professions Intermédiaires	6%
	Retraités	17%
	Autres	10%
Revenu	moins de 1500 €	24%
	entre 1500 € et 2500 €	24%
	entre 2500 € et 3500 €	20%
	entre 3500 € et 4500 €	13%
	plus de 4500 €	18%
	Ne se prononce pas	1%
Abonné des transports en commun	Oui	20%
	Non	80%

En termes de mobilité, puisque les individus les moins mobiles n'ont pas été sondés, l'échantillon de l'EPD est formé de conducteurs plus intensifs (Tableau 84) que ce qui était observé pour notre base de sondage. Les différences sont néanmoins légères

même si les personnes enquêtées lors de l'EPD utilisent plus régulièrement la voiture, réalisent un plus grand nombre de déplacements, parcourent plus de kilomètres, consomment ainsi plus de carburant et émettent plus de CO2.

D'après les résultats de l'enquête ménage déplacement de l'agglomération Lyonnaise menée en 2006 (**Sytral, 2007**), les habitants de l'aire métropolitaine Lyonnaise réalisent en moyenne 2,04 déplacements en voiture chaque jour en tant que conducteur ou passager. La mobilité varie de 0,74 à 3,2 déplacements par jour selon la localisation géographique. Au sein de notre échantillon, une personne sur deux effectue entre 0,6 et 1,4 déplacements en voiture par jour en tant que conducteur.

Sur l'ensemble du territoire français, le kilométrage annuel moyen est de 12 798 km par véhicule (**MEEDAT, 2009**) soit beaucoup moins que ce qu'on observe pour notre échantillon qui **(a)** prend en compte peu de conducteurs occasionnels et **(b)** reconstitue les distances à partir d'une méthode approximative qui surestime le kilométrage en ne distinguant pas les chaînes de déplacements.

Tableau 84 - Caractéristiques de mobilité en voiture de l'échantillon d'EPD

Echantillon EPD		
Niveau d'utilisation de la voiture	Tous les jours	67%
	Quelques fois par semaine	25%
	Quelques fois par mois	8%
Nombre de déplacements	Moyenne	376
	Ecart type	214
	Q1	214
	Médiane	369
	Q3	492
Kilométrage annuel	Moyenne	19832
	Ecart type	15669
	Q1	10352
	Médiane	15756
	Q3	23981
Consommation (L.)	Moyenne	1175
	Ecart type	904
	Q1	600
	Médiane	895
	Q3	1457
Emissions CO₂ annuelles (g.)	Moyenne	2965
	Ecart type	2227
	Q1	1568
	Médiane	2295
	Q3	3647

Tableau 85 - Caractéristiques de mobilité en avion de l'échantillon d'EPD qui utilise ce mode

		Echantillon EPD utilisateur de l'avion
Nombre de déplacements (AVION)	Moyenne des 3 dernières années	2,9
	Moyenne annuelle	1,0
Kilométrage annuel (Km A/R)	Moyenne des 3 dernières années	10482
	Moyenne annuelle	3494
Consommation annuelle (L. A/R)	Moyenne des 3 dernières années	457
	Moyenne annuelle	152
Emissions CO₂ annuelles (kg. A/R)	Moyenne des 3 dernières années	1129
	Moyenne annuelle	376

2 - Que se cache-t-il derrière les catégories de distance retenues ?

Ce que nous avons observé lors des tests de *design* de l'EPD se vérifie au sein de notre échantillon. Les déplacements de proximité et les déplacements de plus longue distance prennent tout les deux une part importante dans la mobilité des enquêtés. Les déplacements de moins de 60 km sont plus fréquents⁷⁴ puisque pour 50% de l'échantillon les déplacements de très courte distance représentent plus de 34% du nombre de déplacements réalisés par véhicule et les déplacements courte distance plus de 22% (Tableau 86). Ils font donc partie intégrante des habitudes hebdomadaires des enquêtés.

Tableau 86 - Part du nombre de déplacements annuels selon la catégorie de distance

Catégories de Distances	Part dans le nombre de déplacements totaux		
	Q1	Mediane	Q3
(0 - 10)	6%	34%	64%
)10 - 20)	0%	22%	58%
)20 - 60)	0%	3%	30%
)60 - 300)	0%	3%	10%
)300 - ...)	0%	1%	2%

Les volumes de mobilité (en kilomètres parcourus) des uns et des autres semblent peu corrélés avec la portée des déplacements effectués. Aucune catégorie de distance ne semble contribuer de manière plus intensive que les autres au kilométrage annuel réalisé par les individus (Tableau 87). Qu'il s'agisse des catégories de 10 km à 20 km, de 20 km à 60 km ou au-delà de 300 km, à chaque fois, pour un quart de l'échantillon des individus enquêtés, ces catégories de déplacements représentent environ un tiers du kilométrage annuel (respectivement 34%, 35% et 36%).

⁷⁴ Il s'agit d'une distance aller.

Tableau 87 - Part du kilométrage annuel selon la catégorie de distance

Catégories de Distances	Part dans les km totaux réalisés		
	Q1	Mediane	Q3
(0 - 10)	0%	3%	11%
)10 - 20)	0%	9%	34%
)20 - 60)	0%	3%	35%
)60 - 300)	3%	17%	45%
)300 - ...)	4%	15%	36%

Parmi les distances parcourues lors de déplacements à moins de 10 km du domicile, 36% sont réalisés pour motif « achat », 16% pour motif « accompagnement », 29% pour motif « travail » et 19% pour motif « journée » (Tableau 88). Il est donc difficile d'associer cette plage de distances à un motif particulier. C'est la même chose pour les déplacements compris entre 10 km et 20 km. En ce qui concerne les déplacements de moyenne distance, les kilomètres parcourus sont principalement liés aux déplacements « travail » et « journée ».

Tableau 88 - Répartition moyenne des km réalisés dans chaque catégorie selon le motif de déplacement

Catégories de Distances	Part moyenne de la distance par catégorie						Total
	achat	accompagnement	travail	journée	week-end	Vacances	
(0 - 10)	36%	16%	29%	19%	0%	0%	100%
)10 - 20)	20%	14%	48%	18%	0%	0%	100%
)20 - 60)	11%	7%	50%	30%	2%	0%	100%
)60 - 300)	8%	3%	15%	27%	44%	3%	100%
)300 - ...)	0%	0%	0%	15%	57%	28%	100%

Les déplacements plus lointains composent quant à eux l'autre moitié des distances parcourues (Tableau 89) même s'ils sont réalisés plus rarement. Les déplacements « week-end » sont à l'origine de la moitié des distances parcourues dans la catégorie longue distance, les déplacements restant étant associés à des motifs « journée » et à moindre mesure « vacances ». Les déplacements très longue distance regroupent la mobilité du « week-end » et des « vacances ».

Tableau 89 - Répartition moyenne des km réalisés pour chaque motif de déplacement selon la catégorie

Catégories de Distances	Part moyenne de la distance par catégorie						Total
	achat	accompagnement	travail	journée	week-end	Vacances	
(0 - 10)	20%	16%	6%	5%	0%	0%	100%
)10 - 20)	35%	42%	33%	14%	0%	0%	100%
)20 - 60)	23%	28%	44%	30%	2%	0%	100%
)60 - 300)	22%	14%	17%	34%	46%	10%	100%
)300 - ...)	0%	0%	0%	17%	52%	90%	100%

Tableau 90 - Distances moyennes selon le motif de déplacement

Motifs de déplacements	Part des individus ne réalisant aucun déplacement	Distance moyenne (km) réalisée par motif parmi les individus réalisant des déplacements				
		Moyenne	Q1	Mediane	Q3	Ecart-type
achat	10%	13	6	9	15	16
accompagnement	51%	14	1	8	15	24
travail	36%	19	8	13	22	23
journée	21%	44	13	25	52	54
week end	13%	270	154	229	368	157
vacances	34%	558	374	484	702	317

Tableau 91 - Part de la distance totale parcourue selon le motif de déplacement

Motifs de déplacements	Part des individus ne réalisant aucun déplacement	Part de la distance totale parcourue selon le motif (Km)			
		Moyenne	Q1	Médiane	Q3
achat	10%	1024	175	515	1199
accompagnement	51%	558	0	0	360
travail	36%	2575	0	360	4002
journée	21%	2259	141	1121	2619
week end	13%	2746	612	1642	3424
vacances	34%	760	0	504	1131
Tous motifs	-	1448	0	395	1602

Tableau 92 - Nombre de déplacements réalisés selon le motif de déplacement

Motifs de déplacements	Part des individus ne réalisant aucun déplacement	Nombre de déplacements selon le motif				
		Moyenne	Moyenne par semaine	Q1	Médiane	Q3
achat	10%	84	1,6	33	58	104
accompagnement	51%	60	1,2	0	0	62
travail	36%	145	2,8	0	208	260
journée	21%	73	1,4	8	44	104
week end	13%	13	0,3	3	6	18
vacances	34%	2	0,0	0	1	2
Tous motifs	-	56	1,1	0	6	66

3 - Quelles attitudes vis-à-vis des scénarios d'EPD proposés ?

L'EIRD a permis d'identifier quatre profils d'individus type selon leur réaction face à un rationnement du carburant : Les « récalcitrants », les « flexibles », les « contraints » et les « acculés ». Lors du passage de l'EPD, chaque personne interrogée devait choisir parmi les quatre phrases présentées Figure 64, celle qui correspondait le plus à son attitude. Ces phrases, définies à partir de la typologie de l'EIRD permettent, sur la base de leurs déclarations, d'identifier les attitudes des enquêtés.

Les « récalcitrants » souhaitent avant tout préserver leur mode de vie et privilégient donc le paiement de la taxe ou le rachat de droits plutôt que toute modification de leurs habitudes de déplacement. Suite aux entretiens, l'analyse qualitative des réponses montrait que les récalcitrants **(a)** réalisaient un nombre important de kilomètres, notamment dans le cadre de week-ends et de vacances, **(b)** disposaient souvent de revenus élevés, **(c)** vivaient dans le centre ou en zone périurbaine et **(d)** étaient souvent contraints par leur environnement professionnel (besoin d'un véhicule) ou familial (présence d'enfants).

Les résultats obtenus lors de l'EPD (cf. Tableau 93) confirment que les « récalcitrants » sont particulièrement mobiles, dans notre échantillon, ils sont 75% à utiliser leur voiture chaque jour. Leur mobilité est intense quel que soit le motif de déplacement et tout particulièrement pour les déplacements « travail ». Il ne semble pas, en revanche qu'ils parcourent plus de kilomètres que les autres en vacance ou lors de week-ends.

A l'inverse, les « flexibles » privilégient des changements de comportement plutôt que de faire appel au porte monnaie. Au cours de l'EIRD, ils ont souvent adapté au maximum leur mobilité en limitant leurs déplacements de proximité pour motifs « achats », « accompagnements » et « journée ». Lorsque la contrainte est trop forte, ils choisissent alors de payer. Pour expliquer leur comportement, les ménages « flexibles » interrogés se caractérisaient par **(a)** une position géographique permettant un changement de mode, **(b)** un schéma d'activité flexible et **(c)** par une attitude de remise en cause de la voiture.

Les « contraints » disposent d'une marge de manœuvre réduite et choisissent de payer tant qu'ils le peuvent jusqu'à ce que le coût devienne trop important, les obligeant à adapter leurs comportements de déplacement de manière radicale. Ils sont contraints pour diverses raisons, **(a)** pour des raisons géographiques avec une offre alternative assez pauvre et peu efficace, **(b)** pour des raisons familiales du fait de la présence d'enfants, **(c)** une volonté de préserver des déplacements week-end et vacances déjà peu nombreux et **(d)** des raisons professionnelles.

Le Tableau 93 confirme en effet qu'ils parcourent un plus grand nombre de kilomètres que les autres pour les achats, les accompagnements, le travail et en journée.

Enfin, les « acculés » ne disposent d'aucune marge de manœuvre, ils ne peuvent pas changer de comportement et ne peuvent pas s'acquitter de la taxe ou du montant de droits à payer. Dans le cadre de l'EIRD, **(a)** ils disposaient souvent de faibles revenus, **(b)** habitaient souvent en banlieue, **(c)** réalisaient autant de kilomètres pour se rendre à leurs travail que lors de vacances ou de week-ends, ce que confirme globalement le Tableau 93, et **(d)** ils étaient fortement attachés à leur voiture.

Tableau 93 - Typologie d'attitude de l'échantillon d'EPD vis-à-vis du rationnement

	Typologie d'utilisateur (EIRD)			
	Récalcitrants	Fléxibles	Contraints	Acculés
Part de l'échantillon	14%	42%	34%	11%
Kilométrage annuel moyen	20620	17573	22038	19611
Distance moyenne par catégorie de déplacement				
<i>VSD</i>	755	583	573	532
<i>SD</i>	1592	1836	1668	2035
<i>AD</i>	2551	1840	2579	2858
<i>LD</i>	3253	2023	3568	2467
<i>VLD</i>	2159	2504	2631	1914
Distance moyenne par motif de déplacement				
<i>Achat</i>	1205	805	1291	807
<i>Accompagnement</i>	259	424	864	824
<i>Travail</i>	3577	1899	2995	2932
<i>Journée</i>	2061	1821	2836	1675
<i>Week End</i>	2348	3089	2305	2670
<i>Vacances</i>	859	748	741	898
Niveau d'utilisation de la voiture				
<i>Tous les jours</i>	74%	66%	68%	67%
<i>Quelques fois par semaine</i>	24%	24%	26%	24%
<i>Quelques fois par mois</i>	2%	10%	6%	9%

D - Analyse des résultats

A l'issue du long processus de récolte des données, nous obtenons des données de bonne qualité d'après les différents indicateurs qui en attestent.

Tout d'abord, les questions de contrôle que nous avons intégrées au questionnaire d'EPD permettent de confirmer le réalisme et l'efficacité des scénarios proposés ainsi que du *design* de l'EPD dans son ensemble. 99% des personnes interrogées ont jugé que la reconstitution faite de leurs déplacements était représentative de leur mobilité. D'après les enquêteurs, 87% des réponses fournies par l'échantillon se sont fondées sur un arbitrage raisonné. Le processus de l'EPD qui a été développé a donc été efficace puisqu'il a généré peu de déchets. Dans ce contexte, puisque par ailleurs les questionnaires insatisfaisants (questionnaires incomplets, nombreuses incohérences sur les déplacements recensés lors de la 1^{ère} enquête, enquêtés manifestant peu d'intérêt ou ne comprenant pas) ont été retirés de la base, la qualité de nos données de préférences déclarées peut-être considérée comme très bonne.

D'autre part, la structure des échantillons (caractéristiques socio-économiques) qui ont été constitués lors de la première enquête quantitative, puis lors de l'EPD, n'a pas connu d'importante évolution (cf. Tableau 55 Vs Tableau 82). Le mode de sélection des enquêtés a donc permis d'aboutir à un échantillon représentatif.

1 - Les choix des enquêtés

Lorsque l'on observe les choix faits au fil des scénarios, nous notons que les enquêtés n'ont pas systématiquement choisi une situation plutôt qu'une autre (cf. Figure 65 et Figure 66). Une part significative des enquêtés a fait le choix de modifier ses habitudes de mobilité lorsqu'une autre a préféré les situations de « statu quo ».

Les scénarios proposés aux enquêtés étaient donc efficaces et suscitaient un arbitrage réel. Les contraintes monétaires et les contraintes en termes de mobilité ont été intégrées lors des choix pour déboucher sur des positions variables selon les cas.

A première vue, les ménages interrogés disposent de marges de manœuvre pour adapter leur mobilité en voiture, et sont prêts à y recourir sous l'influence d'un rationnement du carburant et de ses impacts budgétaires.

Figure 65 - Réponses fournies par les enquêtés

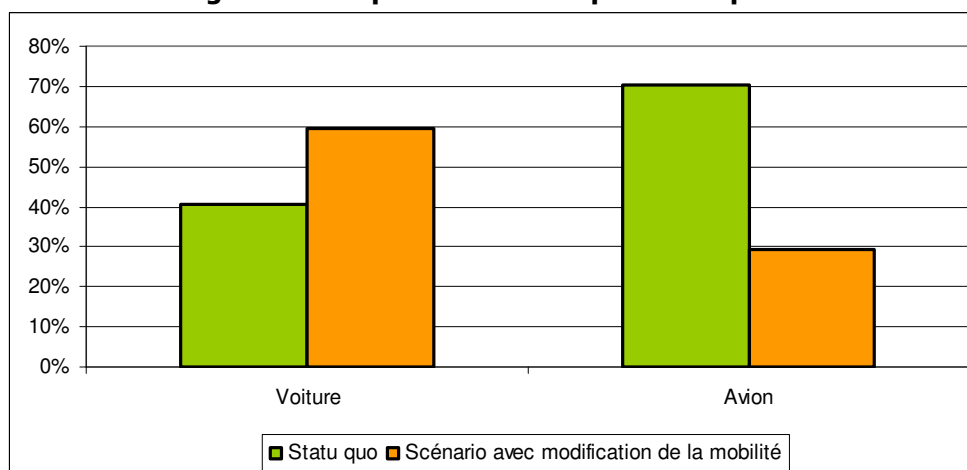
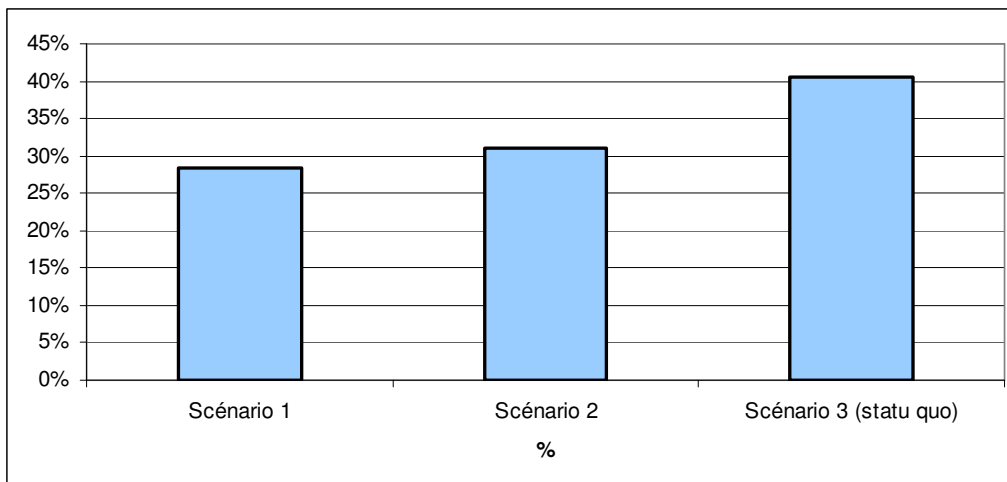


Figure 66 - Réponses fournies par les enquêtés aux scénarios « voiture »

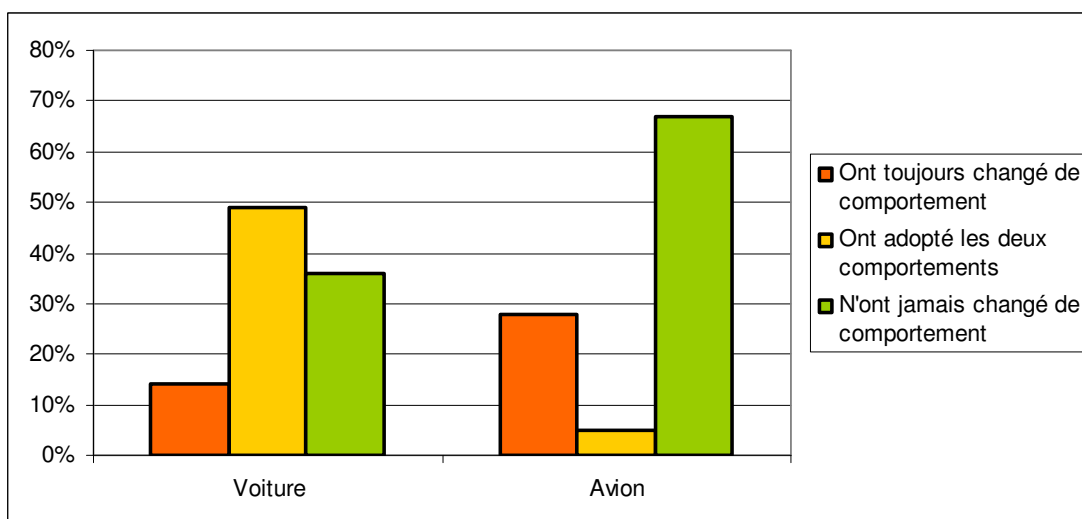


Comme on peut le voir en Figure 67, aucune des situations de modification de la mobilité (scénarios 1 et 2) n'a été systématiquement préférée à l'autre. Ce constat est rassurant dans la mesure où rien ne permettrait d'expliquer, hormis la valeur des attributs également tributaire d'un tirage aléatoire, une préférence marquée pour une situation par rapport à l'autre.

Cela laisse aussi à penser que l'ordre des scénarios au sein des *trade off* de l'EPD n'a pas influencé les choix qui ont été faits.

Enfin, une répartition équilibrée des choix parmi les deux situations imposant une restriction de la mobilité montre que toutes deux étaient bien prises en compte par les enquêtés.

Figure 67 - Diversité des réponses fournies par les enquêtés au fil des scénarios



De même, lors de chaque nouvelle présentation de *trade off*, les enquêtés se sont toujours remis en situation d'arbitrage pour se demander quel scénario leur correspondait le mieux. Ainsi, pour l'EPD « voiture », la moitié des enquêtés n'a pas toujours fait le même choix *trade off* après *trade off* en choisissant tantôt d'adapter leurs comportements de mobilité, tantôt de payer pour conserver leurs habitudes.

En revanche, lorsque des scénarios « avion » sont présentés, les enquêtés ont des avis plus tranchés et suivent presque toujours le même comportement. Tout d’abord parce qu’ils ne se prononcent que deux fois et non quatre. Ensuite, parce que supprimer un déplacement en avion revient souvent à supprimer l’ensemble de la mobilité qu’ils réalisent grâce à ce mode. Cela peut également être, la conséquence d’un attachement plus fort aux déplacements en avion, ou d’autres artefacts ayant pu influencer l’enquête.

2 - Analyse des déplacements supprimés

Lorsque les individus enquêtés doivent choisir les déplacements pour lesquels ils abandonnent la voiture, ils choisissent en priorité des déplacements « achat », « accompagnement », « journée » et « week-end » (cf. Tableau 94 ; Tableau 95). S’ils étaient souvent incités à supprimer un déplacement week-end car ceux-ci composent presque exclusivement les catégories de distance les plus longues, le choix de supprimer des déplacements « achat », « accompagnement », « travail » ou « journée » relève d’un arbitrage. Lorsqu’ils le peuvent, les individus adaptent de manière plus drastique leur mobilité pour déplacements pendulaires comme on peut le voir lorsqu’on intègre le nombre de déplacements supprimés (Tableau 95).

Tableau 94 - Répartition par motifs des déplacements pour lesquels les enquêtés abandonnent la voiture (en ne tenant pas compte de la fréquence de réalisation de ces déplacements)

	N	%
achat	437	24%
accompagnement	171	10%
travail	207	12%
journée	482	27%
we	363	20%
vacances	125	7%
<i>Total</i>	<i>1785</i>	<i>100%</i>

Tableau 95 - Répartition par motifs des déplacements pour lesquels les enquêtés abandonnent la voiture (en tenant compte de la fréquence de réalisation de ces déplacements)

	N	%
achat	12 464	25%
accompagnement	7 837	16%
travail	16 922	34%
journée	10 772	22%
we	1 341	3%
vacances	175	0%
<i>Total</i>	<i>49 511</i>	<i>100%</i>

Nous nous intéressons désormais à l’intensité avec laquelle les individus réduisent leur mobilité selon le motif du déplacement (Tableau 96). Selon l’attachement ainsi que les contraintes associées à chaque composante de leur mobilité, les individus réagissent différemment au rationnement du carburant. Néanmoins, si chaque individu s’adapte (ou ne s’adapte pas !) à sa manière, des tendances générales se vérifient.

Tout d’abord, les individus privilégient une réduction de leur mobilité équilibrée entre les différents motifs de déplacement.

Rares sont les cas où les personnes enquêtées ont opté pour une suppression totale des déplacements associés à un motif. Ce fut uniquement le cas, en ce qui concerne les déplacements « journée » pour 0,9% des individus et, en ce qui concerne les déplacements « Vacances » pour 1,3% des individus. Il s’agit vraisemblablement d’individus fortement contraints au sein des scénarios et avertis à toute augmentation du coût de leur mobilité.

Pour les déplacements « achat », « accompagnement » et « travail », souvent réalisés dans un périmètre de distance plus proche, les distributions des niveaux de réduction de la mobilité, parmi les individus la modifiant, suivent des caractéristiques similaires avec des niveaux relativement bas. Il semble donc que les individus composent leur nouvelle mobilité, désormais plus contrainte, en la réduisant dans son ensemble.

Il apparaît ensuite que les automobilistes interrogés redéfinissent leur mobilité de manière distincte pour les déplacements faisant partie de leur mobilité hebdomadaire, qui souvent s’imposent à eux (achat, accompagnement, travail), des déplacements plus sporadiques, habituellement réalisés dans le cadre de loisirs (journée, week-end, vacances). S’ils le peuvent, les automobilistes ne réduisent pas leur mobilité « journée » (68,1% ne la modifient pas), « week-end » (56,1%) et « vacances » (25,6%). Souvent, le scénario leur étant soumis ou la nature même de leur mobilité imposait aux enquêtés une forte réduction des kilométrages et donc, logiquement, des déplacements les plus longs. 74,4% des individus modifient leur mobilité liée aux départs en vacances.

L’attachement à la voiture semble plus fort également pour d’autres déplacements. Les automobilistes cherchent à conserver l’usage de leur véhicule pour faire leurs « achats » puisque 66,8% des personnes interrogées ne modifient pas leur mobilité en la matière. C’est également le cas pour les déplacements « journée » (68,1%) et « week-end » (56,1%).

Tableau 96 - Niveaux de réduction de la mobilité au regard de la mobilité globale des enquêtés – Segmentation par motif de déplacement

Niveau de réduction de la mobilité (% de la mobilité globale)	Achat	Accompagnement	Travail	Journée	Week-end	Vacances
Réduction moyenne de la mobilité	14,2%	7,0%	8,7%	12,6%	10,5%	8,8%
Individus ne modifiant pas leur mobilité	66,8%	30,0%	37,7%	68,2%	56,1%	25,6%
Individus supprimant tous les déplacements	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	1,3%
Réduction maximale de la mobilité	76,8%	86,9%	67,5%	100,0%	59,0%	100,0%
Réduction de la mobilité parmi ceux la modifiant						
Moyenne	21,4%	23,4%	23,0%	18,7%	18,7%	34,4%
Q1	9,8%	9,6%	13,0%	7,5%	8,3%	12,5%
Q2	18,6%	22,0%	22,5%	13,5%	14,8%	25,0%
Q3	27,8%	31,3%	28,7%	25,1%	25,0%	50,0%

Lorsqu'on observe l'intensité avec laquelle les individus réduisent leur mobilité selon la distance des déplacements (Tableau 97), les tendances précédentes sont corroborées. Il semble par ailleurs que les individus, quand ils envisagent de modifier leur mobilité, raisonnent selon les motifs de déplacements plutôt que selon les distances. En effet, les distributions des niveaux de réduction de la mobilité, parmi ceux la modifiant, suivent des caractéristiques similaires quelle que soit la catégorie de distance, alors que des divergences notables apparaissent quand on considère les motifs. En outre, il semble que les automobilistes éprouvent des difficultés à réorganiser radicalement leur mobilité, ce qui les amènent généralement à conserver la structure des déplacements qu'ils réalisent mais avec une intensité moindre. Peut-être faut-il y voir là une des limites de l'enquête, qui demande aux enquêtés d'envisager des adaptations dans un temps de réflexion très court.

Autant que possible, ils abandonnent leur voiture pour les déplacements contraints dont ils ont souvent besoin afin d'organiser leur quotidien, conservant autant que possible la liberté de mouvement offerte par la voiture pour des déplacements liés à la détente. Lorsqu'ils n'ont pas le choix, ils abandonnent leur véhicule pour des déplacements plus longs.

Tableau 97 - Niveaux de réduction de la mobilité au regard de la mobilité globale des enquêtés – Segmentation par distance des déplacements

Niveau de réduction de la mobilité (% de la mobilité globale)	VSD	SD	AD	LD	VLD
Réduction moyenne de la mobilité	12,8%	10,7%	9,0%	6,2%	8,4%
Individus ne modifiant pas leur mobilité	30,9%	35,9%	49,3%	65,0%	56,1%
Individus supprimant tous les déplacements	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%
Réduction maximale de la mobilité	41,2%	45,5%	50,0%	100,0%	41,7%
Réduction de la mobilité parmi ceux la modifiant					
Moyenne	18,6%	16,8%	17,7%	17,8%	19,2%
Q1	11,3%	7,6%	9,9%	2,3%	11,1%
Q2	18,8%	15,0%	18,6%	8,3%	17,5%
Q3	25,2%	22,5%	25,0%	23,0%	25,0%

3 - Valorisation des attributs

3.1 - Les scénarios de mobilité en voiture

Pour observer la valorisation faite des attributs ainsi que la cohérence des résultats obtenus, nous réalisons une première estimation par logit simple à partir de l'ensemble des données récoltées. Les résultats de cette estimation sont présentés dans le Tableau 98. Les coefficients issus de l'estimation représentent la valorisation moyenne pour l'ensemble des individus.

Tableau 98 - Résultats de l'estimation par logit simple (Voiture)

	Estimate	Std. Error	Pr(> t)	Monetary values	
alt2	0,156	0,083	0,061	-	*
alt3	0,413	0,106	0,000	-	**
vs_supp	-0,000	0,001	0,707	0,2	
s_supp	-0,003	0,001	0,013	1,9	**
av_supp	-0,002	0,002	0,208	1,3	
l_supp	-0,010	0,005	0,062	5,8	*
vl_supp	-0,085	0,032	0,008	49,4	**
add_cost	-0,002	0,000	0,000	-	**

Log-Likelihood: -514.99 / McFadden R²: 0.014

* significatifs à 90% ; ** significatifs à 95%

Le signe négatif des paramètres associés aux nombre de déplacements en voiture que les enquêtés doivent supprimer signifie, en accord avec ce qui était attendu, que ces attributs influencent négativement l'utilité des répondants. Il en va de même pour l'attribut représentatif du prix (*add_cost*), qui correspond à un prix supplémentaire par rapport au coût réel du déplacement, c'est donc une disposition marginale. Au sein d'un scénario, plus le prix à payer est important et plus l'utilité associée à la situation correspondante est faible. Plus un scénario est caractérisé par une forte réduction de la mobilité et plus l'utilité associée à cette situation est faible.

En rapportant les valeurs estimées pour chaque catégorie de distance à la valeur estimée pour le prix, on obtient les valeurs monétaires présentées dans le Tableau 98. Ainsi, en moyenne, les individus enquêtés sont prêts à payer jusqu'à 0,2 € supplémentaires pour ne pas supprimer un déplacement très courte distance (*vs_supp*) ; jusqu'à 1,9 € supplémentaires pour ne pas supprimer un déplacement courte distance (*s_supp*) ; jusqu'à 1,3 € pour ne pas supprimer un déplacement moyenne distance (*av_supp*) ; jusqu'à 5,8 € pour ne pas supprimer un déplacement longue distance (*l_supp*) et jusqu'à 49,4 € pour ne pas supprimer un déplacement très longue distance (*vl_supp*).

On observe ici un lien entre la désutilité des déplacements à supprimer et la distance qui leur est associée. L'influence négative de la contrainte imposée est d'autant plus forte que la contrainte concerne un déplacement lointain.

Ce lien est marqué lorsque l'on compare des déplacements de proximité (*vs_supp* ; *s_supp* ; *av_supp*) à des déplacements plus lointains (*l_supp* ; *vl_supp*). Comme nous l'avons vu, les catégories de déplacements « longue distance » et « très longue distance » regroupent la totalité des déplacements « vacances », la *quasi* totalité des déplacements « week-end » et une part conséquente des déplacements « journée ». L'attachement particulier à ces déplacements réalisés sporadiquement vient faire écho aux observations qui ont pu être faites lors de l'EIRD.

Lorsque l'on compare la désutilité associée aux trois catégories de déplacements les moins longues en distance, la relation croissante désutilité / distance est moins claire. Les déplacements « très courte distance » sont bien ceux pour lesquels les consentements à payer afin de maintenir la mobilité sont les plus faibles, en revanche

ce même consentement à payer est plus faible pour les déplacements « moyenne distance » que pour les déplacements « courte distance ».

Cela confirme que les catégories de distance retenues comme attributs de notre EPD servent d'artefact à l'expression des déterminants réels des choix des individus en matière d'adaptation de leur mobilité. La distance n'est qu'une composante à laquelle la fréquence de déplacement et plus encore le motif viennent s'ajouter pour déterminer le choix. Il n'est donc pas surprenant que les catégories de distance les plus courtes soient considérées de manière plus homogène au sein de l'échantillon dans la mesure où les déplacements très courte, courte et moyenne distance peuvent relever des mêmes motifs de déplacement (« accompagnement », « achat », « travail », « journée »). La moindre importance attribuée aux déplacements « très courte distance » peut s'expliquer par le fait **(a)** qu'ils sont composés *quasi* intégralement de déplacements « achat » et « accompagnement » qui la composent et **(b)** qu'il s'agit de déplacements réalisés très près du domicile et donc plus facilement réalisables sans voiture.

La non significativité de certains attributs (vs_supp ; av_supp) peut aussi s'expliquer par la difficulté des enquêtés à donner un sens à la classification qui a été faite de leur mobilité, à matérialiser l'ancrage dans la réalité de chacune des catégories de distance et notamment pour les plus courtes.

Nous effectuons un test d'hypothèse pour vérifier la distinction par les enquêtés de chaque catégorie de distance. Pour chaque paire de catégorie de distance, deux modèles sont estimés, un comprenant un attribut pour chaque catégorie et un comprenant un seul attribut pour les deux catégories réunies. Nous vérifions ensuite si les deux modèles se distinguent en testant l'hypothèse nulle selon laquelle il n'existe aucune différence entre les deux modèles.

Comme on le voit, les enquêtés ont clairement distingué les catégories « très longue distance » et « très courte distance ». En revanche pour les trois catégories restantes, la distinction n'a pas été claire pour tous les enquêtés, et en particulier pour les catégories courte et moyenne distance. Ces résultats peuvent s'expliquer par les compositions, en termes de motifs, de chaque catégorie.

Tableau 99 - Tests d'hypothèse sur les catégories de distance

Paires de catégories testées	Pr(> t)	
Vs_supp // s_supp	0,069	*
Vs_supp // av_supp	0,326	
Vs_supp // l_supp	0,072	*
Vs_supp // tl_supp	0,008	**
s_supp // av_supp	0,606	
s_supp // l_supp	0,194	
s_supp // tl_supp	0,010	**
av_supp // l_supp	0,130	
av_supp // tl_supp	0,009	**
l_supp // tl_supp	0,014	**

* significatifs à 90% ; ** significatifs à 95%

Les constantes du modèle (alt2 et alt3) ont un signe positif. La constante de l'alternative 3 est significative pour un seuil de confiance de 95% ce qui n'est pas le

cas de la constante de l'alternative 2. Parmi les éléments explicatifs des choix qui ne sont pas pris en compte dans notre modèle, il existe donc des facteurs favorables au choix de l'alternative 3 au regard de l'alternative 1. C'est peut être aussi le cas de l'alternative 2 au regard de l'alternative 1, mais cela reste à confirmer grâce à d'autres estimations. La prime au *statu quo* (alternative 3) pourrait s'expliquer **(a)** par une préférence pour les situations qui permettent de se déplacer comme avant, sans changer ses habitudes ou **(b)** par un goût pour les situations les moins complexes à évaluer lors du passage du questionnaire. En revanche, rien ne permettrait d'expliquer que les deux premiers scénarios au sein des *trade off* soient perçus différemment puisqu'ils proposent des réductions de la mobilité contre un montant à payer ou à percevoir.

Ces premières estimations donnent des résultats satisfaisants puisque les interprétations que l'on peut en faire sont cohérentes. En revanche, certains attributs ne sont pas significatifs. La réalisation d'estimations plus précises, prenant notamment en compte les divergences entre les individus permettra de confirmer ou d'infirmer ces premières conclusions. En effet, les valeurs des écarts types des paramètres estimés mettent en évidence une certaine hétérogénéité des préférences au sein de notre échantillon. Réaliser des estimations à partir d'un logit mixte permettra notamment de mieux appréhender la diversité des préférences des individus.

A partir d'une estimation directe de nos données d'EPD, nous avons observé les dispositions marginales à payer pour ne pas supprimer un déplacement, ce pour chaque catégorie de distance.

Nous transformons désormais les données d'EPD, exprimées en catégories de déplacements, en informations kilométriques, plus conformes à la réalité et permettant d'observer les fonctions de demande et d'évaluer les élasticités en la matière.

Pour se faire, nous utilisons les distances moyennes de chaque catégorie de déplacement, dont nous disposons pour chaque individu, et les multiplions par le nombre de déplacements correspondant. Il nous est alors possible de comparer les coefficients obtenus pour chaque catégorie de distance, dans la mesure où chacun d'entre eux est désormais exprimé en unité kilométrique.

Les résultats à partir d'un logit simple sont présentés Tableau 100.

Tableau 100 - Estimation de l'EPD avec des données kilométriques – Logit simple

	Estimate	t-value	Monetary values	
alt2	0,159	1,907	-	**
alt3	0,394	3,804	-	**
vs_km	0,146	0,672	-0,1	
s_km	0,286	3,026	-0,1	**
av_km	0,093	1,585	0,0	*
l_km	0,132	2,471	-0,1	**
vl_km	0,167	2,916	-0,1	**
add_cost	-2,015	-3,931	-	**

Nous observons que l'utilité marginale du dernier kilomètre est très proche de celle que

soit la catégorie de distance. Ces résultats sont cohérents dès lors que l'on suppose que les individus sont rationnels. Le coût marginal du kilomètre parcouru est estimé à environ 0,1 €, très proche du coût kilométrique que l'on obtient au sein de notre échantillon (0,07 €/km) en considérant de manière simplificatrice que le coût kilométrique est uniquement composé du coût du carburant⁷⁵ (un véhicule consommant 6.1 l./100km).

Par ailleurs, nous observons toujours des résultats moins significatifs pour les catégories « courte distance » et « moyenne distance ».

3.2 - Les scénarios de mobilité en avion

Nous réalisons une estimation par logit simple des résultats obtenus pour les situations de déplacement en avion.

Tableau 101 - Résultats de l'estimation par logit simple (Avion)

	Estimate	Std. Error	Pr(> t)	Monetary values	
alt2	0,955	0,190	0,000	-	**
A_supp	0,129	0,109	0,239	140,4	
add_cost	0,001	0,001	0,213	-	

Log-Likelihood: -170.65 / McFadden R²: 0.005

* significatifs à 90% ; ** significatifs à 95%

Au sein des scénarios construits pour les déplacements en avion, seuls deux attributs étaient mis en scène aux yeux des enquêtés (nombre de déplacements à ne plus réaliser en avion, coût de la taxe ou des crédits). Parmi ces attributs, lorsque l'on réalise une estimation par logit simple, aucun ne s'avère significatif pour des seuils de confiance de 95% ou de 90%.

La constante du modèle (alt2) a un signe positif et est très significative. Parmi les éléments explicatifs des choix qui ne sont pas directement pris en compte dans notre modèle, il existe donc des facteurs favorables au choix de l'alternative 2 ou défavorables au choix de l'alternative 1. Les situations de *stand by* semblent donc préférées. Cela s'explique tout d'abord par l'impossibilité, dans la plupart des cas, pour les enquêtés, d'utiliser un autre mode de transport pour réaliser le même déplacement. Ensuite, parce que compte tenu du faible nombre de déplacements réalisés en avion par la plupart des enquêtés (2,9 tous les 3 ans en moyenne), supprimer un déplacement revient à ne plus se déplacer en avion pendant une année. Enfin, les déplacements en avion sont par ailleurs des déplacements de loisir auxquels les enquêteurs sont attachés. Une enquête proposant des arbitrages mélangeant mobilité en voiture et en avion aurait peut être permis de mieux révéler la capacité des enquêtés à réduire leurs déplacements en avion.

⁷⁵ Essence - valeur au 15 janvier 2010 1.307 €/l. ; Diesel - valeur au 15 janvier 2010 1.087 €/l. ; moyenne = 1.2 €/l.

4 - Estimation de la demande et de l'élasticité

Nous souhaitons déterminer dans quelle mesure la mise en place d'un système de taxe ou de droits impacterait le kilométrage parcouru par les automobilistes de la région Lyonnaise. Il nous faut donc représenter la courbe de demande des automobilistes pour réaliser des déplacements puis d'en déduire l'élasticité prix.

Sur la base de la théorie micro-économique du consommateur, nous construisons un modèle explicatif. La fonction d'utilité, supposée linéaire, est composée :

- de la quantité de transport en automobile, notée q . Elle est exprimée en kilomètre annuel.
- d'un bien composite, dont la quantité est notée z , qui est le numéraire. Son prix est arbitrairement fixé à 1.

La fonction d'utilité est supposée linéaire par rapport au numéraire, hypothèse permettant de considérer la consommation de numéraire comme un solde (le revenu moins la dépense pour le premier bien) et d'obtenir pour l'autre bien une fonction de demande simple, ayant pour unique argument le prix de celui-ci.

Dans ce contexte, le consommateur cherche la combinaison de biens qui maximise la fonction d'utilité suivante, $f(q)$ étant une fonction du kilométrage :

$$U = \alpha z + f(q)$$

En respectant sa contrainte budgétaire, fonction du revenu R , du coût kilométrique en automobile c et du coût fixe d'utilisation de son véhicule t :

$$R = z + c \times q \times t$$

A l'optimum du consommateur, nous devons avoir une égalité entre le taux marginal de substitution des deux biens et le rapport de prix, ce dernier étant égal au prix marginal de la mobilité en automobile, l'autre bien étant le numéraire. Nous obtenons :

$$\frac{U'_q}{U'_z} = \frac{f'(q)}{\alpha} = c$$

La fonction de demande inverse pour la mobilité en voiture se définit ainsi comme :

$$p(q) = \frac{f'(q)}{\alpha}$$

Le comportement du consommateur que nous observons, l'automobiliste, est guidé par la maximisation de sa mobilité, qu'il augmente tant que sa disposition marginale à payer pour le dernier kilomètre parcouru $p(q)$ est supérieure au coût marginal d'un

kilomètre c , supposé constant.

L'élasticité de la disposition marginale à payer par rapport au kilométrage parcouru s'écrit :

$$\frac{\partial p}{\partial q}(q) \frac{q}{p(q)} = \frac{f''(q)}{\alpha} \frac{q}{f'(q)} = \alpha q \frac{f''(q)}{f'(q)}$$

L'élasticité de la demande directe (E) est l'inverse de l'expression précédente :

$$E = \frac{f'(q)}{f''(q)} \frac{1}{q}$$

La forme retenue pour représenter $f(q)$ déterminera la forme de la courbe de demande, l'élasticité et leurs conditions d'estimation.

Le recours à une fonction linéaire (βq) n'est pas d'une grande utilité pour analyser la réaction de la demande. En effet, l'élasticité est imposée par la fonction choisie, et la fonction linéaire de disposition à payer est constante. En cas de hausse de prix, la demande devient donc nulle.

De la même manière, le recours à une fonction log-linéaire ($\beta \ln q$) amènerait les quantités consommées à varier de manière inversement proportionnelle au prix. La dépense pour l'automobile est alors constante.

En vue de rendre la fonction plus flexible et d'introduire un second paramètre, nous utilisons une transformation de Box-Cox admettant comme cas particulier la fonction linéaire ($\gamma = 1$) et la fonction log-linéaire (γ tend vers 0).

$$f(q) = \beta \frac{q^\gamma - 1}{\gamma} \Rightarrow E = \frac{1}{\gamma - 1}$$

Ce cas permet de représenter E de manière constante et de sorte que l'élasticité prenne n'importe quelle valeur réelle.

Cependant, cette représentation de $f(q)$ rend les estimations difficiles puisqu'elle est non linéaire par rapport au paramètre γ . Nous optons donc pour faire recours à un terme quadratique qui permet de conserver la linéarité de la fonction et d'introduire un second paramètre. Nous spécifions alors une fonction quadratique ($f(q) = \beta q + \frac{1}{2} \gamma q^2$)

et une fonction log-quadratique ($f(q) = \beta \ln q + \frac{1}{2} \gamma \ln^2 q$).

L'élasticité de la demande de mobilité (exprimée en kilomètres) au prix dépend alors du niveau de consommation de l'individu.

Pour estimer le modèle, nous spécifions une fonction d'utilité avec un seul argument (q) et en intégrant la contrainte du consommateur. Pour se faire, la consommation de numéraire est définie comme étant égale au revenu.

$$U(q) = \alpha(R - t - c \times q) + f(q)$$

Nous utilisons désormais les données d'EPD en considérant que l'individu faisait face à des scénarios constitués par un couple (t, q) , et qu'il choisissait celui lui procurant la plus grande utilité.

Le Tableau 102 présente les résultats de l'estimation à partir d'un logit multinomial et pour les quatre spécifications de $f(q)$ présentées précédemment.

Tableau 102 - Estimation du modèle – Logit simple

Modèle	Linéaire		Log-linéaire		Quadratique		Log-quadratique	
	Estimate	t-value	Estimate	t-value	Estimate	t-value	Estimate	t-value
alt2	0,156	1,878	0,155	1,867	0,173	2,069	0,173	2,068
alt3	0,412	4,305	0,421	4,081	0,169	1,501	0,169	1,501
revenu net	0,907	2,595	0,901	2,567	0,403	2,665	0,394	1,529
q1	0,090	2,591	0,090	2,171	1,718	4,034	1,760	1,554
q2	-	-	0,000	0,240	-	-	-0,022	-0,040
Log-likelihood	-1073,41		-1073,38		-1068,53		-1068,53	

A la lecture de ces résultats, les deux seules formes correctement spécifiées sont les formes linéaires et log-linéaires qui impliquent respectivement une élasticité infinie et unitaire. Parmi ces spécifications, la fonction log-linéaire donne de meilleurs résultats et nous amène, à ce stade, à retenir une élasticité unitaire.

Il s'avère également que les coefficients de second ordre ne sont pas correctement estimés, les valeurs étant proches de 0 et non significatives.

Ces premiers résultats ne prennent en fait pas en compte l'hétérogénéité des préférences des consommateurs en terme d'utilisation de la voiture, dans les fonctions que nous avons utilisées.

En vue de la prendre en compte, nous devons spécifier un des deux paramètres de la fonction comme spécifique à l'individu. Pour se faire nous pouvons opter pour une estimation par logit mixte ou intégrer directement dans l'analyse l'information disponible sur le comportement actuel des individus, qui correspond à une combinaison coût / quantité observée et à un point de la fonction de demande de l'individu.

La fonction d'utilité pour l'individu i s'écrit :

$$U_i(q_i) = \alpha(R_i - t_i - C_i \times q_i) + \beta_i \ln q_i + \frac{1}{2} \gamma \ln^2 q_i$$

La fonction de demande est obtenue comme précédemment :

$$p(q_i) = \frac{\beta_i + \gamma \ln q_i}{\alpha q_i}$$

Nous connaissons le kilométrage actuellement réalisé par l'individu \bar{q}_i ainsi que le coût de la mobilité au sein du scénario c_i . Ce couple appartient à la courbe de demande, ce qui nous permet de noter :

$$p(q_i) = \frac{\beta_i + \gamma \ln \bar{q}_i}{\alpha \bar{q}_i}$$

Nous pouvons ainsi déduire la valeur du paramètre de premier ordre pour l'individu i :

$$\beta_i = \alpha \bar{q}_i c_i - \gamma \ln \bar{q}_i$$

En remplaçant β_i par cette expression dans la fonction d'utilité, nous obtenons :

$$\begin{aligned} U_i(q_i) &= \alpha(R_i - t_i - c_i q_i) + \alpha \bar{q}_i c_i - \gamma \ln \bar{q}_i \times \ln q_i + \frac{1}{2} \gamma \ln^2 q_i \\ &= \alpha(R_i - t_i - c_i q_i + \bar{q}_i c_i \ln q_i) + \gamma \left(\frac{1}{2} \ln^2 q_i - \ln q_i \ln \bar{q}_i \right) \end{aligned}$$

Les résultats suivant sont obtenus suite à l'estimation.

Tableau 103 - Estimation des paramètres de la courbe de demande

	Estimate	t-value
alt2	0,175	2,097
alt3	0,428	4,379
α	1,886	4,238
β	-4,419	-3,586

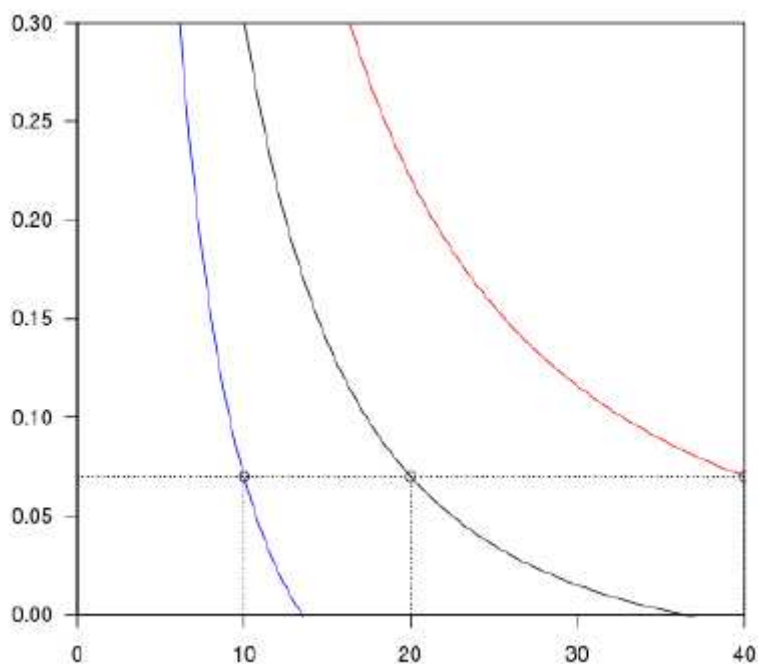
Ces estimations aboutissent à des paramètres de second ordre significatifs et non nuls, à l'inverse des estimations précédentes.

Sur la base de ces résultats, nous estimons l'élasticité de la demande pour chaque individu, à l'aide de la fonction suivante, l'expression de β_i étant $\beta_i = \alpha \bar{q}_i c_i - \gamma \ln \bar{q}_i$:

$$E_i = - \frac{1}{1 - \frac{\gamma}{\beta_i + \gamma \ln q_i}}$$

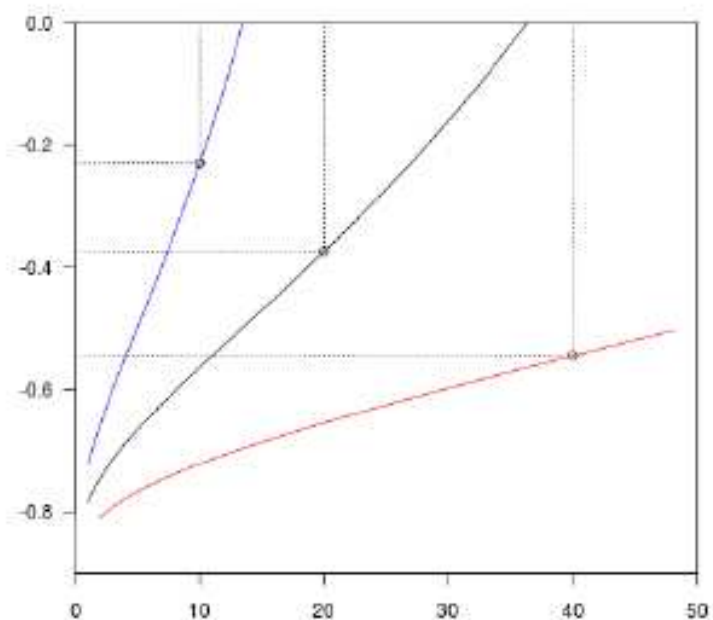
Les courbes de demande inverses, est présentée Figure 68 d'après $c = 0,07$ et $\bar{q} = 20$, ce qui est proche de la moyenne de l'échantillon. Les courbes de demande inverse correspondant à $\bar{q} = 10$ et $\bar{q} = 40$ sont également intégrées.

Figure 68 - Courbes de demande inverses (q=10,20,40)



La Figure 69 représente les élasticités correspondantes. Les élasticités obtenues dans l'échantillon varient entre -0,05 et -0,85, avec une moyenne. Lorsque l'on pondère avec les kilomètres effectués, l'élasticité moyenne obtenue pour l'échantillon est de -0,46.

Figure 69 - Elasticité de la demande de mobilité par rapport au prix (q=10, 20, 40)



5 - Taxe Vs système de crédits

Afin d'analyser s'il existe des différences de comportement significatives selon qu'un système de taxe ou de droits à polluer soit mis en place, nous estimons dans un premier temps les données, groupées en catégories de distance, puis de manière segmentée pour chacun des instruments de rationnement. Les résultats sont présentés Tableau 104.

Tableau 104 - Estimation segmentée du modèle – Logit simple

	Données groupées		Données Droits		Données Taxe	
	Estimate	t-value	Estimate	t-value	Estimate	t-value
alt2	0,157	0,084	0,295	2,426	0,033	0,291
alt3	0,404	0,111	0,630	3,961	0,193	1,303
vs_supp	0,000	0,004	0,001	0,823	-0,002	-1,378
s_supp	-0,005	0,002	-0,003	-1,521	-0,004	-1,955
av_supp	-0,002	0,014	-0,003	-1,360	-0,001	-0,202
l_supp	-0,011	0,033	-0,015	-2,069	-0,002	-0,215
vl_supp	-0,090	0,039	-0,080	-2,007	-0,112	-1,863
add_cost	-0,002	0,001	-0,002	-3,365	-0,001	-1,429

Groupées : Log-Likelihood: -1068.5 / McFadden R²: 0.008

Droits : Log-Likelihood: -548.6 / McFadden R²: 0.008

Taxe : Log-Likelihood: -515.0 / McFadden R²: 0.014

Nous obtenons des résultats contrastés, avec en général des résultats plus significatifs pour les scénarios de droit à polluer. Pour ce sous échantillon, nous obtenons des résultats pertinents : un coefficient de la dépense négatif et très significatif, des coefficients négatifs pour chaque type de déplacement, à l'exception des trajets très courte distance, significatifs pour les déplacements longues et très longues distance et des coefficients qui augmentent (en valeur absolue) au fur et à mesure que l'on considère des distances plus importantes. Les résultats concernant le sous échantillon de scénarios de taxe sont plus erratiques, aussi bien au niveau du classement des coefficients en fonction de la distance considérée que de la significativité des coefficients.

Nous testons également si ces divergences sont statistiquement significatives. Un test de rapport de vraisemblance est réalisé en comparant la vraisemblance du modèle contraint (le premier modèle du tableau 1) à celle du modèle non contraint (c'est à dire la somme des vraisemblances des deux autres modèles). Nous obtenons 9.80 (probabilité critique de 0.27) et ne rejetons donc pas l'hypothèse que les coefficients sont les mêmes que le scénario présente un Crédit ou une Taxe.

Nous effectuons le même test à partir des données d'EPD exprimées en informations kilométriques (cf. Tableau 100). Nous obtenons une valeur de 9.316 avec une probabilité critique de 0.32. De nouveau, nous sommes conduits à ne pas rejeter l'hypothèse que le même modèle s'applique pour les scénarios de taxe et de droit à polluer.

A l'issue de ces tests, il apparaît qu'il n'existe pas de différence significative entre la mise en place d'une taxe et d'un système de droits. Ces résultats sont conformes à la théorie économique et attestent d'une certaine rationalité des enquêtés qui calquent leurs comportements sur une évaluation de chaque situation non conditionnée par l'outil de rationnement affiché.

Nous avons en effet choisi de positionner équitablement ces deux instruments. Dans la réalité, un système de droits implique également la mise aux enchères des droits d'achat de carburant sur un marché, ce qui impacte le prix d'achat d'un droit au regard de l'offre et de la demande en la matière. Nous n'avons pas intégré cette dimension.

Il est à noter que la structure de l'échantillon n'impacte pas ces estimations puisque chaque individu enquêté se trouvait confronté à deux arbitrages « taxe » et à deux arbitrages « crédits ».

L'ordre de passage des arbitrages n'a pas non plus eu d'influence en la matière puisque la moitié des questionnaires testait, dans un premier temps, les situations de taxation puis de quotas et l'autre moitié testait les situations dans l'ordre inverse.

E - Conclusion

Cette enquête de préférences déclarées est tout d'abord le résultat d'un important travail d'élaboration du questionnaire, qui a nécessité de nombreux tests et mises au point avant d'aboutir à un *design* efficace. Les deux principales difficultés consistaient d'une part à ancrer les scénarios d'arbitrage autant que possible dans la réalité, en s'appuyant sur une mobilité reconstituée des individus, d'autre part à placer à un même niveau de comparaison les deux instruments de la taxe et des crédits.

L'enquête s'est déroulée en deux temps, avec tout d'abord la constitution de l'échantillon nécessaire au développement de l'EPD : il s'agissait d'obtenir un nombre suffisant de répondants aux profils différents (selon leurs caractéristiques de localisation, de taille du ménage, de statut d'activité et de type de mobilité). Nous avons pu reconstituer la mobilité des personnes interrogées, en termes de distances parcourues et de litres de carburant consommés, afin de développer et de personnaliser les situations d'arbitrage dans les scénarios.

Ce travail préalable de développement de situations fictives en accord avec la mobilité effective des enquêtés était fondamental en vue d'obtenir des résultats représentatifs de comportements réels. Au cours du passage de l'EPD, les répondants sont d'ailleurs souvent revenus sur leurs choix initiaux lorsqu'il leur était demandé de citer les déplacements concernés par leur modification de comportement, preuve qu'il était nécessaire de contextualiser les situations fictives.

A partir de l'échantillon obtenu en première étape, un sous échantillon a été constitué pour la réalisation, dans un deuxième temps, de l'EPD elle-même. Après plusieurs contrôles, 283 individus constituent la base finale des réponses. L'étude des comportements mesurés et déclarés, ainsi que des réactions au cours de l'enquête, permettent de valider la qualité de cette dernière.

L'analyse des résultats permet tout d'abord de valider la qualité des données récoltées. Les attributs retenus pour construire les scénarios sont représentatifs et ont des signes conformes à nos attentes.

En ce qui concerne la mobilité en voiture, le lien observé entre la désutilité de la suppression des déplacements et leur catégorie de distance est d'autant plus fort que la distance parcourue est élevée. Néanmoins, les enquêtés n'ont pas toujours su distinguer clairement les catégories de distance. La constitution de catégories de distance a permis de construire des situations claires, concrètes et plus simples à évaluer par les enquêtés, mais leur ont imposé de catégoriser leur mobilité, ce qui n'a pas toujours été facile et pertinent. Ainsi, les différences entre les trois catégories de déplacement les plus courtes, c'est à dire « très courte », « courte » et « moyenne » distance ne sont pas toujours marquées.

Nous avons donc transformé ces données en informations kilométriques pour bâtir un modèle permettant d'intégrer l'hétérogénéité des préférences individuelles et de représenter les courbes de demande kilométrique pour déboucher sur une estimation de l'élasticité de la demande de mobilité au prix. Nos résultats sont proches de ce qui est obtenu dans la littérature de référence en la matière.

Les résultats obtenus pour les déplacements en avion sont en revanche décevants. Si l'EPD a confirmé un attachement fort des enquêtés aux déplacements réalisés en avion, le protocole expérimental retenu en la matière (niveau des attributs ; traitement dissocié des déplacements en avion) n'a pas permis d'obtenir des résultats quantitatifs satisfaisants.

Finalement, l'EPD que nous avons menée a permis de répondre aux objectifs fixés, soit observer l'impact de politiques de rationnement de carburant sur la demande de mobilité et confronter une politique incitative qui utilise le prix comme levier, à une politique articulée autour des quantités allouées.

Il apparaît tout d'abord que les automobilistes ont des marges de manœuvre pour adapter leurs pratiques à de nouvelles conditions d'utilisation de la voiture. Pour se faire, ils raisonnent par motif selon leurs contraintes et leur attachement à la réalisation de certains déplacements. Ce constat vient faire écho aux observations qui ont pu être faites lors de l'EIRD. Les motifs de déplacement guident les individus dans la redéfinition de leur mobilité.

Ainsi, les automobilistes interrogés redéfinissent leur mobilité de manière distincte pour les déplacements faisant partie de leur mobilité hebdomadaire, qui souvent s'imposent à eux (achat, accompagnement, travail), et pour ceux plus sporadiques, habituellement réalisés dans le cadre de loisirs (journée, week-end, vacances). Autant que possible, les déplacements contraints dont ils ont souvent besoin afin d'organiser leur quotidien sont abandonnés (« achats », « accompagnement », « travail ») pour conserver la liberté de mouvement offerte par la voiture lors de déplacements liés à la détente (« journée », « week-end », « vacances »), à laquelle ils sont particulièrement attachés. Lorsqu'ils le peuvent, les individus adaptent de manière plus drastique leur mobilité pour déplacements pendulaires, ce qui contribue à réduire de manière importante le kilométrage qu'ils parcourent annuellement. Lorsqu'ils n'ont pas le choix, le véhicule est tout de même abandonné pour les déplacements plus longs.

De manière générale, il apparaît difficile aux automobilistes de réorganiser radicalement leur mobilité, ce qui les amènent généralement à conserver la structure des déplacements qu'ils réalisent aujourd'hui mais avec une intensité moindre. C'est pourquoi l'impossibilité d'utiliser un autre mode de transport pour les déplacements effectués en avion, constitue un frein insurmontable au changement d'habitude des individus en la matière. Supprimer un déplacement en avion revient souvent à supprimer l'ensemble de la mobilité qu'ils réalisent grâce à ce mode.

S'ils en ont les moyens, les enquêtés privilégient le *statut quo* qui leur permet de conserver leurs habitudes. Néanmoins, les automobilistes ne sont pas, comme on l'évoque parfois, prêts à tout pour conserver leur liberté de mouvement en voiture. Les mentalités évoluent et le surcoût généré par un rationnement est un élément ressenti par les conducteurs.

Ainsi, les estimations kilométriques confirment une sensibilité de la demande kilométrique au prix. Nous obtenons une élasticité moyenne de la demande de mobilité au prix de -0,46. Celle-ci varie au sein de l'échantillon, de -0,05 à -0,85.

Enfin, les tests statistiques que nous avons effectués montrent que les effets du rationnement ne sont pas significativement différents selon qu'une taxe ou qu'un système de crédits soit mis en place.

Ce résultat est en accord avec la théorie économique et atteste d'un certain rationalisme des individus en matière d'arbitrage entre leur mobilité et le coût qu'elle implique.

Néanmoins, le système de crédit que nous avons testé ne correspond pas à un marché d'émission négociable pour lequel le prix fluctue selon les niveaux d'offre et de demande sur le marché. Alors, la contrainte prix ce serait avérée différente selon le mode de rationnement retenu.

Les outils de rationnement dont dispose le législateur pour modifier la mobilité en voiture, la demande de carburant et les émissions de CO₂ sont donc efficaces et constituent des leviers puissants pour modifier les comportements et les habitudes.

Ils ne sont par ailleurs pas forcément inacceptables pour les automobilistes dans la mesure où ceux-ci sont capables de s'adapter. Néanmoins, l'équité de telles mesures imposera de s'interroger plus en détail sur le lien entre les caractéristiques des individus (revenu ; localisation ; kilométrage annuel ; ...) et la latitude dont ils disposent pour basculer vers une nouvelle manière de se déplacer.

CONCLUSION

Le travail que nous avons mené avait pour ambition de mettre à profit l'étendu des possibilités qu'offrent les enquêtes préférences déclarées (EPD) en matière d'analyse, dans le cadre de programmes d'étude traitant de problématiques importantes et récurrentes relatives au secteur des transports de personnes.

Dans des contextes variables, et en vue de répondre à des objectifs divers et ciblés, les EPD mises en œuvre ont permis d'approfondir nos connaissances pour apporter des réponses précises afin d'orienter la réflexion des décideurs concernés.

Les analyses qui ont été menées

Lors du travail de thèse réalisé, trois enquêtes ont été menées dans le cadre de partenariats entre le Laboratoire d'Economie des Transports de Lyon et des acteurs engagés dans la mise en opérabilité de services de transport de personnes (SNCF ; RFF) ou en lien avec des organismes de recherche (PREDIT ; CETE).

La première étude de cas a été réalisée en 2006-2007, en partenariat avec la SNCF dans le cadre de la thèse de Sandrine DE BORAS (2011). Elle avait pour but d'évaluer dans quelle mesure les porteurs de carte familles nombreuses seraient prêts à accepter une évolution des conditions de transport qui leurs sont offertes. Le tarif Familles Nombreuses n'a plus évolué depuis sa création en 1921 et ne répond aujourd'hui plus aux objectifs qui lui avaient été assignés.

La seconde étude a été menée en 2008 pour le compte de Réseaux Ferrés de France (RFF), et en partenariat avec le CETE de Toulouse. Dans le cadre du soutien de RFF aux politiques de cadencement de l'offre ferrée, l'EPD mise en place avait vocation à clarifier la perception des différentes composantes du cadencement par les usagers du fer ou de la route, afin de mieux identifier les leviers d'un report modal de la voiture vers le train. Ce sont les liaisons Toulouse-Albi et Toulouse-Montauban qui ont constitué le terrain d'étude.

Enfin, pour le compte du PREDIT et en lien avec de nombreux travaux de recherches menés par le Laboratoire d'Economie des Transports de Lyon sur la thématique des permis d'émission négociables, une EPD a été mise en œuvre pour identifier les effets d'un rationnement du carburant sur la mobilité des conducteurs de Lyon et de son agglomération. Il s'agissait par la même de confronter les outils économiques de rationalisation des comportements, taxation et réglementation, pour observer si l'un d'eux s'avérait plus ou moins incitatif.

D'un point de vue méthodologique, en terme de mise en œuvre dans un premier temps, des arbitrages ont été faits selon les objectifs et le contexte de chaque étude (insertion des attributs) ; les moyens techniques et organisationnels à disposition (plan factoriel ; approfondissement des tests effectués ; protocole de collecte des données) ; le cadre de gouvernance des différents partenariats ainsi que son insertion dans la chronologie de la thèse.

Le Tableau 70 synthétise les principales orientations retenues lors des étapes successives de construction du *design*, de collecte des données ou encore d'échantillonnage.

Figure 70 - Principales orientations de mise en oeuvre

		Tarifification sociale SNCF	Cadencement de l'offre ferrée	Rationnement du carburant
	Acteurs directement impliqués dans l'étude	2	3	1
	Pilotage direct de l'enquête			●
Construction du design	Nombre d'attributs Retenus	4	5	6
	Personalisation des niveaux d'attributs	●	●	●
	Calibrage des niveaux d'attributs par test informel	●		●
	Calibrage des niveaux d'attributs par test sur <i>focus groups</i>		●	
	Calibrage des niveaux d'attributs par analyse de la <i>carte des valeurs frontières</i>			
	Plan factoriel complet	●		
	Plan factoriel orthogonal	●	●	●
	Nb d'alternatives / <i>trade off</i>	2	2	3
	Nombre de <i>trade off</i> / questionnaire	3	5	4 / 6
Collecte des données	Tests	Tel.	F.G	Tel. + F.G
	Nombre d'enquêtes	1	2	4
	Questionnaire dédié			●
	Mode de collecte des données	Tel.	F.a.F	Tel. + F.a.F + Cour.
	Gestion directe de la formation des enquêteurs	●		●
	Gestion directe du suivi / contrôle de la collecte des données			●
Pilotage de la collecte des données	++	+	+++	
Echantillonnage	Echantillonnage aléatoire simple	●	●	●
	Echantillonnage par quotas	●	●	●
	Taille de l'échantillon final	553	421	283
	Nombre d'observations disponibles	1 659	2 105	1 132
	Qualité de l'échantillon	++	+	+++

Finalement, l'adaptabilité qu'offre les EPD a permis de toujours adapter le protocole aux objectifs de l'étude ; à son contexte ; aux moyens à disposition et enfin à la gouvernance retenue pour le projet (acteurs impliqués ; pilote ; calendrier de l'étude). Ainsi chaque étude s'avère finalement unique et se caractérise par de nombreuses spécificités.

En terme de traitements économétriques (cf. Tableau 71), les analyses se sont articulées autour de méthodes conventionnelles. Selon les études, des traitements différents ont été mis en oeuvre :

- L'analyse sur les tarifs sociaux (SNCF) repose sur des traitements simples à partir de Logit mixte intégrant la dimension panel ;
- L'analyse sur le cadencement a mis l'accent tout particulièrement sur les spécifications linéaires des attributs au sein de la fonction d'utilité ;

- L'analyse sur le rationnement du carburant intègre un modèle spécifique, développé à partir des données EPD.

Par ailleurs, lors des estimations, l'hétérogénéité des préférences a toujours été prise en compte à l'aide de Logit mixte (SNCF ; CETE) ou de fonction de demande (PREDIT).

Si besoin des modèles explicatifs étaient construits pour apporter des éléments d'analyse complémentaires.

Figure 71 - Principaux traitements économétriques

		Tarification sociale SNCF	Cadencement de l'offre ferrée	Rationnement du carburant
Estimation	Estimation par Logit simple	•	•	•
	Estimation par Logit mixte	•	•	
	Prise en compte de la dimension de panel	•	•	
Spécification	Spécification non linéaire des effets des attributs sur l'utilité	•	•	
	Analyse des correlations	•		•
	Prise en compte de données révélées / socio-économiques		•	
Modèle	Construction d'un modèle explicatif	•		•
	Prévision / Estimation de parts de marché			

Finalement, l'accent a été mis de manière plus importante sur la conception des questionnaires et des traitements affinés auraient pu être mis en place, intégrant notamment plus de données socio-démographiques et des attributs aux distributions plus finement spécifiées.

Les résultats qui ont été obtenus

Au cours de la réalisation de ces trois études, nous avons pu nous assurer que les résultats obtenus sont de bonne qualité.

Tout d'abord car les estimations que nous avons effectuées donnent des résultats cohérents. Les modèles convergent bien avec des coefficients estimés significatifs et dont les signes concordent avec les effets attendus des variables sur le niveau d'utilité. Ensuite, parce que les résultats sont en accord avec les références en la matière. En attestent la valeur du temps obtenue à partir des données sur le cadencement, qui correspond aux propositions du rapport Boiteux ou encore l'élasticité de la demande de mobilité en automobile par rapport au prix que nous avons obtenue, très proche de

ce qui est avancé dans la littérature. L'enquête SNCF ne permettait pas de confronter les résultats à des points de référence précis dans la mesure où elle était inédite.

A noter enfin que les variables socio-économiques ainsi que l'affectation aux attributs de distributions plus pertinentes d'un point de vue économique (log-normale, normale censurée, ...) ont été difficiles à intégrer de manière satisfaisante.

A partir des principaux résultats obtenus, nous avons pu répondre aux questionnements relatifs à chaque enquête.

Nous avons ainsi mis en évidence que les porteurs de cartes familles nombreuses sont prêts à accepter des évolutions des conditions tarifaires qui leur sont proposées, à l'inverse du conservatisme voire de l'aversion naturelle au changement qui leur est souvent prêtée. En échange de compensations, les usagers sont enclins à accepter de nouvelles contraintes d'utilisation, notamment en matière d'anticipation de réservation et d'heure de voyage. En revanche, il semble difficile d'imposer aux porteurs d'être systématiquement accompagnés d'un enfant lors de leur voyage, écartant ce levier comme moyen de limiter l'utilisation de la carte familles nombreuses lors de déplacements professionnels.

Cette étude a aussi permis de se plonger dans la mécanique tarifaire de la SNCF et dans les comportements des usagers en matière de voyages en train. A l'issue de cela, et sur la base des résultats de l'EPD, nous avons testé l'intérêt pour l'opérateur de faire évoluer les cartes familles nombreuses.

Finalement, nous avons pu révéler que des évolutions (éviction des porteurs de carte familles nombreuses 30% ; contraintes d'anticipation de réservation) permettraient de recentrer l'action de l'Etat *via* la carte familles nombreuses, autour des objectifs initialement assignés à ce tarif social et dans un contexte de contrainte budgétaire forte.

Nous avons également montré que le cadencement de l'offre ferrée interurbaine est clairement un élément important de l'attractivité du train. Chacune des facettes du cadencement (fréquence, fiabilité des temps de parcours, lisibilité des horaires) y contribue. La fréquence apparaît comme l'élément central en vue d'initier un report modal, avant la fiabilité des temps de parcours puis la lisibilité des horaires. Au-delà du niveau d'offre offert, la qualité du service joue donc un rôle essentiel.

Chacun de ces éléments joue donc un rôle important en vue d'initier un report modal. Il faudra néanmoins surmonter l'effet d'inertie de l'habitude qui contribue à l'attachement des usagers à leur mode de transport de prédilection.

Dans le cadre de notre troisième étude, nous avons vu que le rationnement du carburant permet de réduire sensiblement l'utilisation de la voiture et incite les usagers à modifier leurs comportements habituels selon une élasticité moyenne de la demande de mobilité (exprimée en kilomètres) au prix de -0,46.

Si les automobilistes n'apprécient pas cette nouvelle contrainte, ils sont néanmoins capables de s'organiser différemment. Pour se faire, ils réduisent, autant que possible, leurs déplacements contraints.

Enfin, les outils économiques dont nous avons testé l'impact en vue de réduire la consommation de carburant (taxe ; crédits), influencent de manière similaire les comportements des automobilistes.

Mise en place efficace d'une enquête préférences déclarées

Les résultats que nous avons obtenus sont le fruit de travaux complexes réalisés dans un cadre coopératif associant chercheurs et professionnels. L'approche que nous avons adoptée a permis d'aboutir, pour chacune des trois études de cas que nous avons menées, à des résultats fiables et concrets.

La réalisation de trois ÉPD extrêmement différentes par leurs objectifs, les moyens à disposition et les acteurs impliqués dans le projet ont permis d'identifier clairement les conditions nécessaires à une EPD réussie.

Identification des objectifs

Une vision claire des objectifs à atteindre pour adapter au mieux les moyens techniques et organisationnels est un facteur de réussite déterminant.

Il s'agissait, dans le cadre de l'enquête réalisée avec la SNCF sur les cartes familles nombreuses, d'examiner les évolutions possibles de cette tarification tout comme le degré d'acceptabilité qu'elles impliqueraient auprès des porteurs.

L'enquête sur les impacts du cadencement de l'offre ferrée, mise en place à Toulouse pour le compte de RFF, avait pour ambition de mesurer l'effet des différentes composantes du cadencement (fréquence, fiabilité, lisibilité des horaires) sur l'attractivité du train comme mode de déplacement interurbain.

Enfin, le PREDIT, en association avec le Laboratoire d'Economie de Transports (LET), souhaitait explorer les impacts de politiques de rationnement, par le biais d'une taxe ou d'un système de crédits de consommation, sur les comportements de mobilité des automobilistes.

Sur la base de ces objectifs, des moyens à disposition, et de nos connaissances techniques, des protocoles adaptés de mise en œuvre et de traitement des EPD ont été développés.

Connaissance du contexte de l'étude

Des analyses préalables approfondies ont été menées en amont de chaque EPD pour développer des scénarios efficaces.

Le *design* de chaque enquête a été développé après avoir pris connaissance en détail du contexte de l'étude et des ressorts associés à la réflexion devant être menée. Des scénarios en accord avec la complexité des domaines d'étude et avec les perceptions des populations enquêtées ont ainsi pu être construits.

Validation du protocole expérimental

Des tests, doivent systématiquement être réalisés. Ceux-ci, plus ou moins formalisés sur la base d'un socle théorique, permettent de valider nos choix et nos intuitions par des réactions effectives.

Dans le cadre de chaque EPD, nous avons vérifié que les enquêtés confrontés aux

scénarios réalisaient de véritables arbitrages, faisant écho à leurs pratiques quotidiennes.

Maîtrise de l'étape de collecte des données

Pour garantir des données de qualité, une attention toute particulière doit être portée sur l'étape de collecte des données.

Au cours de la collecte des données des trois enquêtes que nous avons menées, notre degré d'association n'a pas toujours été le même. L'enquête SNCF faisait l'objet d'un pilotage associatif avec Sandrine de Boras. L'enquête sur le cadencement ferré a été directement pilotée par le CETE de Toulouse. L'EPD sur le rationnement du carburant, pilotée par le LET, nous a permis un contrôle entier sur la phase de recueil des informations.

Les enquêteurs doivent être longuement formés puisqu'ils constituent la seule passerelle entre le protocole expérimental de l'étude et les personnes enquêtées. Ils font partie des garants de la compréhension de l'enquête et de la logique d'arbitrage sur laquelle celle-ci repose. Ils doivent inciter les enquêtés à un arbitrage réel sans influencer les réponses données.

Au cours de la réalisation des EPD, il est nécessaire que les enquêteurs comprennent en détail les ambitions des études ainsi que la mécanique des EPD.

La mise en place de *debriefing* permet de mieux appréhender les réactions des enquêtés en situations d'arbitrage.

Une association fine des enquêteurs contribue également à mieux identifier les questionnaires « litigieux » (réponses incohérentes, enquêtés répondant sans donner l'impression de réfléchir, répondant ne souhaitant pas réellement participer, ...) et ainsi les isoler de la base de données.

Le protocole de collecte des données doit toujours être adapté selon la lourdeur du questionnaire.

Le questionnaire sur la carte familles nombreuses était intégré au sein d'un questionnaire relativement lourd (Annexe 4). Nous avons donc opté pour le passage de trois scénarios que les répondants pouvaient conceptualiser rapidement. A l'inverse, pour les études sur le cadencement et le rationnement du carburant, les questionnaires étaient spécialement dédiés à l'EPD (Annexe 10 ; Figure 60). Nous avons donc pu, dans ces cas, proposer des scénarios d'EPD plus complexes et plus nombreux, en prenant le temps de livrer plus de détails aux enquêtés.

L'expérimentation de traitement de données d'EPD issues de collectes réalisées dans des contextes différents a renforcé notre conviction que cette étape s'avère cruciale.

Les données obtenues ont été d'autant plus qualitatives et d'autant plus en adéquation avec les objectifs de la recherche que nous avons pu contrôler l'ensemble du dispositif de déploiement de l'EPD sur le terrain.

Personnalisation des scénarios

Personnaliser au maximum les *trade-off* pour replacer les enquêtés dans un environnement de choix connu et maîtrisé, doit constituer un objectif majeur lors du développement du *design* de l'EPD.

Pour chaque enquête que nous avons menée, les scénarios, les attributs et les niveaux d'attributs étaient toujours calés sur des données réelles, reflet des environnements de choix propres aux enquêtés.

Dans le cadre des enquêtes réalisées en partenariat avec le CETE et le PREDIT, la mise en contexte était la plus fidèle possible à ce que les enquêtés expérimentaient dans la réalité. Pour se faire, les données ont été récoltées en deux temps, permettant ainsi une personnalisation très fine. L'enquête SNCF, réalisée en *one shot* proposait en revanche des mises en situation plus génériques.

Toujours, les scénarios étaient présentés en accord avec le niveau de connaissance des enquêtés.

Les Enquêtes Préférences Déclarées, un outil adéquat pour nos cas d'étude

Pour chacune des études que nous avons réalisées, la mise en place d'une EPD s'avérait nécessaire. Il s'agissait en effet, de recueillir des informations sur des situations auxquelles les usagers n'ont jamais été confrontés dans la réalité (évolution de la carte familles nombreuses ; rationnement de la consommation de carburant) ; ou d'évaluer l'attachement des usagers, lorsqu'ils sont confrontés à une situation de choix, à certains paramètres caractéristiques de l'offre de transport (carte familles nombreuses ; effet du cadencement sur l'attractivité du train).

Sans la mise en place d'EPD, il n'aurait pas été possible de connaître l'ampleur des effets d'un rationnement du carburant sur la mobilité des automobilistes, ou de la mise en place de nouvelles contraintes d'utilisation de la carte familles nombreuses sur les pratiques des porteurs. Il aurait été impossible de quantifier l'importance de chaque paramètre aux yeux des enquêtés et ainsi de valider les résultats obtenus en les confrontant à des valeurs de référence (valeur du temps ; élasticité). Il n'aurait pas été possible de simuler de manière aussi précise l'impact potentiel de nouvelles politiques tarifaires (SNCF)...

Le recours à des EPD a donc toujours été guidé par l'adéquation de l'outil aux besoins des analyses à mener. Bien souvent, le recours à une EPD est nécessaire et présente de nombreux atouts.

Ainsi, si les trois analyses traitées présentaient des contours très différents, la flexibilité des méthodes d'EPD nous a permise de mettre en œuvre des protocoles variables et adaptés.

Nous avons également pu accorder l'ambition et la complexité des enquêtes aux moyens financiers disponibles.

Les travaux que nous avons réalisés réaffirment le caractère fortement opérationnel des EPD que nous avons appliquées à des études importantes et concrètes, ayant vocation à orienter des mises en œuvre futures.

Comment faire évoluer des tarifs sociaux auxquels les usagers sont attachés et qui comportent un coût politique important pour les réformateurs ?

Sur quels éléments fonder les politiques en matière de transport ferré lorsqu'il s'agit d'opérer un report modal et d'améliorer la satisfaction des usagers ?

Quelles réactions des automobilistes face à un rationnement du carburant ? Quelle mise en œuvre s'avèrerait la plus efficace ? Quel degré d'acceptabilité par les usagers ?

Enfin, ces études ont été effectuées dans le cadre de partenariats avec des acteurs importants de l'univers des transports de personnes, affirmant le lien existant entre la recherche et de nombreuses mises en œuvre opérationnelles.

Finalement, ce travail met en lumière les méthodes de préférences déclarées sous un angle pragmatique et appliqué, à travers des applications qui présentent cette méthodologie comme un socle d'étude et non tel une boîte à outil fournie clé en main. Ainsi les méthodes d'enquête par préférences déclarées engagent les analystes à traiter de manière très complète leurs travaux pour obtenir des résultats de qualité.

BIBLIOGRAPHIE

Aarts, H., Dijksterhuis, A. P., 2000, *Habits and knowledge structures: automaticity in goal-directed behaviour*, Journal of personality and social psychology, Vol.79, p.53-63.

Aarts, H., Verplanken, B., Van Knippenberg, A., 1997, *Habit and information use in travel mode choices*, Acta Psychologica, Vol. 96, p.1-14.

ABRAHAM, C., 1983, *La tarification publique, quelques réflexions pour le 9^{ème} Plan*, Rapport du groupe de travail « La tarification publique », Commissariat Général du Plan.

Ahern, A., Tapley, N., 2005, *The use of stated preference techniques to model modal choices on interurban trips in Ireland*, Transportation Research part A, Vol. 42, p.15-27.

Alyce-Sofreco, 2008, *RFF paramètres de la croissance du trafic ferroviaire : résultats des focus group*, document de travail.

Anable, J., Gatersleben, B., 2005, *All work and no play? The role of instrumental and affective factors in work and leisure journeys by different travel modes*, Transportation research part A, Vol. 39, p.163-181.

Andan, O., Faivre d'Arcier, B., Hiron , B., 1995, *La mesure du consentement à payer - Analyse bibliographique sur les méthodes d'enquête*, rapport pour l'INRETS, LET.

Bates, J., 1998, *"Reflections on stated preferences: Theory and practice" in Travel Behaviour research: Updating the state of play*, **Ortuzar, J.D., Hensher, D., Jara-Diaz, S., Pergamon, L.,** Elsevier, Oxford, p.89-103.

Bates, J., Polak, J., Jones, P., Cook, A., 2001, *The valuation of reliability for personal travel*, Transportation Research part E, Vol. 37, p.191-229.

Bath, C., Sardesai, R., 2006, *The impact of stop-making and travel-time reliability on commute mode choice*, Transportation Research part B, Vol. 40, p.709-730.

Baumstark, L., 2006, *Le citoyen et l'utilisateur face à l'introduction de la concurrence dans les services public*, Politiques et Management Public, vol. 24, n°3, p.57-77.

Ben-Akiva, M., Lerman, S., Jessiman , A., Albright, R.L, Nestle , R.E., 1976, *A behavioral analysis of automobile ownership and modes of travel*, Vol.1-4., Office of the secretary for policy planning and international affairs.

Ben-Akiva, M., Lerman, S.R., 1985, *Discrete choice analysis : theory and application to travel demand*, MIT Press.

Beroud, B., Faivre d'Arcier, B., Martin, R., 2007, *Model of human mind process adapted to the modal choice*, MAX EU project.

Bonnel, P., Cabanne, L., Massot, M., 2003, *Evaluation de l'usage des transports collectifs et politiques de déplacements urbains*, La documentation Française.

Box, G.E.P., Hunter, J.S., 1961, *The 2^{k-p} fractional factorial designs*, Technometrics, Vol. 2, p.11-103.

Boyd, J., Mellman, J., 1980, *The effect of fuel economy standards on the US automotive market: a hedonic demand analysis*, Transportation research part A, Vol. 14, issue 5-6, p.367-378.

Bunch, D., Louvière, J., Anderson, D., 1994, *A comparaison of experimental design strategies for multinomial logit models: the case of generic attributes*, Working paper UCD-GSM-WP#01-94, University of California.

Cardell, S., Dunbar, F., 1980, *Measuring the societal impacts of automobile downsizing*, Transportation research part A, vol. 14, p.423-434.

Chang, X., Stopher, P., 1981, *Defining the perceived attributes of travel modes for urban work trips*, Transportation planning and technology, Vol. 7, p.55-65.

Chrzan, K., Orme, B., 2000, *An overview and comparaison of design strategies for choice based conjoint analysis*, Sawtooth software research paper series.

Clark, S., Toner, J., 1997, *Application of advanced stated preference methods*, Institute of Transport Studies, University of Leeds, Working paper 485.

Collins, C., Chambers, S. M., 2005, *Psychological and situational influences on commuter transport mode choice*, Environment and behavior, Vol. 37, p.640-661.

Commissariat Général du Plan, 2001, *Transports choix des investissements et coûts des nuisances*, La documentation française.

Cox, D.R., 1965, *Planning of experiments*, John Wiley & Sons.

CREDOC, 1978, *Les effets redistributifs des finances publiques dans le secteur des transports*, Le centre, Rapport Annexe.

CREDOC, 1979, *Influence des tarifications différentielles sur la consommation des transports de voyageurs*.

Dawes, R., Corrigan, B., 1974, *Linear models in decision making* Psychological bulletin, Vol. 815, p.95-106.

DE-BORAS, S., 2002, *Rapport de stage SNCF sur la tarification Familles Nombreuses*, Master recherche Transports - Espace - Réseaux, LET.

DE-BORAS, S., 2007, *La tarification sociale ferroviaire : nécessité d'un bilan, nécessité d'une réforme ?*, Revue Générale des Chemins de fer, n° 163, juillet-août 2007, p.17-27.

DE-BORAS S., RIBEILL G., 2008, *Aux origines de la carte Familles Nombreuses*, Historail, n° 6, p.67-77

DE-BORAS, S., 2011, *Vers une refondation de la tarification sociale ferroviaire – le cas de la carte Familles Nombreuses*, Thèse de sciences économiques, LET.

Debrincat, L., Goldberg, J., Duchateau, H., Kroes, E., Kouwenhoven, M., 2005, *Valorisation de la régularité des radiales ferrées en Ile de France*, ATEC. http://www.stif-idf.fr/IMG/doc/ATEC_Irregularite.doc

Ellaway, A., Mancintyre, S., Hiscock, R., Kearns, A., 2003, *In the driving seat: psychosocial benefits from private motor vehicle transport compared to public transport*, Transportation research part. F, Vol. 6(3), p.217-231.

Electric Power Research Institute 1977, *Methodology for predicting the demand for new electricity using goods*, Projet 488-1, rapport final.

Everett, P., Watson, B., 1991, *Psychological contributions to transportation in* **Stokols, D., Altman, I., Handbook of experimental psychology**, Krieger Publishing co., p.987-1008.

Faivre d'Arcier, B., 2005, *Evaluation de politiques publiques*, cours dans le cadre du Master transport, espace, réseaux, Université Lumière Lyon 2, Lyon.

FitzRoy, F., Smith, I., 1995, *The demand for rail transport in European countries*, Transport Policy, Vol. 2, p.153-158.

Fujii, S., Gärling, T., 2003, *Development of strict based travel mode choice after forced change*, Transportation Research part F, Vol. 6, p.117-124.

Fowkes, A., 1985, *Checking equi-utility VOTs for SP design*, unpublished value of time working paper 25/2/85 in **Fowkes, A., 1998**, *The development of stated preference techniques in transport planning*, Institute of Transport Studies, University of Leeds, Working paper 479.

Fowkes, A., 1998, *The development of stated preference techniques in transport planning*, Institute of Transport Studies, University of Leeds, Working paper 479.

Fowkes, A., 1991, Recent developments in stated preference techniques in transport research in **Fowkes, A., 1998**, *The development of stated preference techniques in transport planning*, Institute of Transport Studies, University of Leeds, Working paper 479.

Fowkes, A., Wardman, M., 1988, *Design of SP travel choice experiments with special reference to taste variations*, Journal of Transport Economics and Policy, Vol.22

n°1, p.27-44.

Gandit, M., 2007, *Déterminants psychosociaux du changement de comportement dans le choix du mode de transport : le cas de l'intermodalité*, Thèse de doctorat nouveau régime mention psychologie sociale expérimentale, soutenue en décembre 2007 à Grenoble.

GUILLAUMAT P., 1979, *Orientations pour les transports terrestres*, Documentation Française.

Hahn, G., Shapiro, S., 1966, *A catalogue and computer program for the design and analysis of orthogonal symmetric fractional factorial experiments*, General Electric Research and Development Centre, Report 66-C-165.

Hensher, D., Barnard, P., 1990, *The orthogonality issue in stated choice designs*, in Fischer, M., Wijkamp, P., Papageorgiou, Y., *Spatial choices and processes*, p.225-245.

Hensher, D., Greene, W., 2001, *The mixed logit model : the state of practice and warnings for the unwary*, Transportation, Vol. 30, n°2, p.173-176.

Héran, F., 2001, *La réduction de la dépendance automobile*, Cahiers Lillois d'économie et de sociologie, Vol. 37, p. 61-86.

Hess, S., 2005, *Advanced discrete choice models with applications to transport demand*, thèse de philosophie, Collège impérial de Londres.

Hicks, C.R., 1964, *Fundamental concepts in the designs of experiments*, Holt Rinehart & Sons.

Holland, C.W., Cravens, D.W., 1973, *Fractional factorial designs in marketing research*, Journal of Marketing Research, Vol. 10, n°3, p.270-276.

Huber, J., Swerina, K., 1996, *The importance of utility balance in efficient choice set designs*, Journal of marketing research, n°33, p.307-317.

Hunter, J.S., 1968, *Fractional factorial designs*, Westinghouse Learning Press.

Jackson, B., Jucker, J., 1981, *An empirical study of travel time variability and travel choice behaviour*, Transportation Science, Vol. 16, p.460-475.

Jakobsson, C., 2004, *Accuracy of household planning of car use : comparing prospective to actual car logs*, Transportation Research part F, Vol. 7, p.153-158.

Jonhson, D., Shires, J., Nash, C., Tyler, J., 2006, *Forecasting and appraising the impact of a regular interval timetable*, Transport Policy, Vol. 13, p.349-366.

Jonhson, L., W., Nelson, C., J., 1991, *Market response to changes in attributes of a long distance passenger rail service*, Managerial and decision economics, Vol. 12, p.43-55.

Kocur, G., Adler, T., Hyman, W., Aubet, B., 1982, *Guide to forecasting demand with direct utility assessment* US Department of Transportation, UMTA.

Koppelman, F., 1975, *Travel prediction with models of individualistic choice behavior*, Department of civil engineering, MIT, Cambridge.

Koppelman, F., Ben-Akiva, M., 1977, *Aggregate forecasting with disaggregate travel demand models using normally available data*, colloque WCTR, Rotterdam, Pays-Bas.

Kouabenan, R., Gandit, M., 2009, *Déterminants psychosociaux des choix de mobilité et influence sur le report modal*, communication lors du 3^{ème} séminaire annuel du cluster de recherche Rhône-Alpes, date, Pont en Royan, France.

Lainez, V., 2003, *Les déterminants du choix du titre de transport public urbain : une approche par la méthode des préférences déclarées*, Thèse de doctorat d'économie des transports, Laboratoire d'économie des transports.

Louvière, J., 1988, *Conjoint analysis modelling of stated preferences: a review of theory, methods, recent developments and external validity*, Journal of transport economics and policy, Vol. 22 n°1, p.93-119.

Louvière, J.J., Hensher, D.A, Swait, J.D., 2000, *Stated choice methodes : analysis and application*, Cambridge University Press.

Luce, R., 1959, *Individual choice behavior: a theoretical analysis* J.Wiley and sons.

MADRE J.-L., 1987, *Les interventions publiques dans les transports de voyageurs et leurs effets redistributifs*, Thèse pour le doctorat d'Etat es Sciences Economiques, 1979, éditée en 1987 : MADRE J.-L., « Intervention publique et transports de voyageurs », Paradigme.

Mamoghli, M., 1997, *Impact de la tarification, des fréquences et des temps de transport sur les flux ferroviaires dans le bassin parisien*, Recherche Transports Sécurité, Vol. 59, p.3-16.

Marschak, J., 1960, *Binary choice constraints on random utility indicators* in **Arrow, K.,** *Stanford symposium on mathematical methods in the social sciences*, Stanford University Press, p.312-329.

Martin, R., 2005, *La pensée humaine et sa modélisation : un modèle structuro-fonctionnel ou une intervention complexe*, Cahier de la maison de la recherche en Sciences Humaines, p.19-28.

MAX "Successful Travel Awareness Campaigns & Mobility Management Strategies" WP B Models of Behaviour Change Prospective Assessment Tools, 2009, Final conference, 15-16 Septembre, Krakow, Pologne.

Mc Fadden, D., 1974, *Conditional logit analysis of qualitative choice bahaviour* in

Zarembka, P., *Frontiers in econometrics*, Academic Press, p.105-142.

Mc Fadden, D., Talvitie, A., Cosslett, S., Hasan, I., Johnson, M., Reid, F., Train, K., 1977, *Demand model estimation and validation*, Urban Transport Demand Forecasting Report, Final Report, Volume 5, Institute of Transport Studies, University of California.

Mc Fadden, D., Tye, W., Train, K., 1977, *An application of diagnostic tests for the irrelevant alternatives property of the multinomial logit model*, Transportation Research Record n°637, p.39-46.

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer Commissariat général au développement durable Service de l'observation et des statistiques (SOeS), 2009, *Les comptes des transports en 2008 (tome 1)*, p.39-49.

MINELLE C., 1994, *Evolution concertée de la tarification sociale familiale, Etude préparatoire à la réflexion sur le tarif Familles Nombreuses avec les associations de consommateurs et les associations familiales*, Rapport de stage.

NIST/SEMATECH, 2003, *e-Handbook of Statistical Methods*, <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>

NORA S., 1967, *Rapport sur les entreprises publiques*, La Documentation Française.

Orfeuil, J. P., 2003, *L'automobile en France: comportements, perceptions, problèmes et perspectives*, Paper presented at the Table Ronde 127, Paris, France.

Ortuzar, J., Willumsen, L., 1990, *Modelling transport*, Edition Wiley.

Pearmain, D., et al. 1991, *Stated Preference Technics : a guide to practice*, Second Edition, Steer Davies Gleave Hague Consulting Group.

Pells, S., 1987, *The evaluation of reductions in the variability of travel times to work*, Proceedings of Transportation Planning Methods Seminar, p.313-325.

Polak, J., 1987, *Travel time variability and departure time choice: a utility theoretic approach*, discussion paper 15, Transport Studies Group.

Raux, C., Andan, O., Faivre d'Arcier, B., Godinot, C., 1995, *enquêtes exploratoire sur les réactions au péage urbain-Méthodes, réactions, faisabilité*, collection Etudes et Recherches, n°5, LET.

Région Rhône-Alpes, 2007, *cadencement J-5 : la région fait bouger les TER en Rhône-Alpes*, Communiqué de Presse du 4 décembre 2007.

Reinhold, T., 2008, *More passengers and reduced costs: the optimisation of the Berlin public transport network*, 4th International Symposium on Travel Demand Management, 16-18 Juillet 2008, Semmering, Autriche.

Réseau Ferré de France (RFF), 2008a, *Etude des paramètres de la croissance de l'usage ferroviaire : Modélisation.*

Réseau Ferré de France (RFF), 2008b, *Etude des paramètres de la croissance de l'usage ferroviaire : phase 1.*

Réseau Ferré de France (RFF), 2008c, *Etude des paramètres de la croissance de l'usage ferroviaire : Traitement des enquêtes à préférences déclarées.*

Réseau Ferré de France (RFF), 2008d, *Réseau Ferré de France accélère le cadencement*, dossier de presse du 4 décembre 2008.

Sanko, N., 2001, *Guidelines for stated preference experiment design*, mémoire pour l'obtention du master of business administration, Ecole nationale des ponts et chaussées.

SELIGMANN B. et CHEVAL M., 2001, *Rapport sur les tarifs sociaux décidés et compensés par l'Etat*, Inspection Générale des Finances n° 2001-M-004-01, Conseil Général des Ponts et Chaussées N° 2000-0285-01.

Simma, A., Axhausen, K. W., 2001, *Structures of commitment in mode use: a comparison of Switzerland, Germany and Great Britain*, Transportation Policy, Vol. 8, p.279-288.

Small, K., 1982, *The scheduling of consumers activities: work trips*, American Economic Review, Vol. 72, p.175-181.

Steg, L., Vlek, C., Slotegraaf, G., 2001, *Instrumental-reasoned and symbolic-affective motives for using a motor car*, transportation research part F, vol. 4, p.151-169.

Stopher, P., Lisco, T., 1970, *Modelling travel demand: a disaggregate behavioural approach, issues and applications*, Transportation Research Forum Proceedings, p.195-214.

SNCF, 1979, *Direction commerciale Voyageurs, Recherche commerciale, Etudes de marché*, « *Le marché des familles, les voyages familiaux avec enfants, Motivations, Pratiques, Utilisation des Modes, Rapport de Synthèse* », rédigé par LACOTE A. et LECONTE S., à partir des travaux du groupe de travail comprenant BRETON G., CABANES M., CHAUVINEAU J., HALLS FRENCH L., HEISSLER M.

SOLOVIERE C., 1970, *Interaction des tarifications sociales et commerciales, Etude d'un cas concret*, Rapport de stage à la Direction commerciale Voyageurs, Recherche commerciale, Etudes de marché, Université Paris IX Dauphine.

The Royal Swedish Academy of Sciences, 2000, *The scientific contributions of James Heckman and Daniel Mc Fadden*, Advanced information of Sweden Prize in Economic Sciences.

Toner, J., Wardman, M., Whelan, G., 1999, *testing recent advances in stated*

preference design, Institute of Transport Studies, University of Leeds, p.51-62.

Train, K., 1978, *A validation test of a disaggregate mode choice model,* Transportation research, Vol. 12, p.167-174.

Train, K.E., 2003, *Discrete choice methods with simulations,* Cambridge University Press.

Verplanken, B., Aarts, H., 1999, *Habit, attitude and planned behaviour: is habit an empty construct or an interesting case of automaticity?,* European Review of Social Psychology, Vol. 10, p.101-134.

Wall, G., McDonald, M., 2007, *Improving bus service quality and information in Winchester,* Transport Policy, Vol. 14, p.165-179.

Wardman, M., Shires, J., Lythgoe, W., Tyler, J., 2003, *Consumer benefits and demand impacts of regular train timetables,* White Rose research online.

Wardman, M., Shires, J., Lythgoe, W., Tyler, J., 2004, *Consumer benefits and demand impacts of regular train timetables,* International Journal of Transport Management, 2(1), p.27-37.

Warner, S., 1962, *Stochastic choice of mode in urban travel: a study in binary choice,* northwestern University Press.

Zeradine, H., 2008, *La coopération entre entreprises de transport - le cas de la région Rhône-Alpes,* Mémoire de Master 2 Recherche Transport, Espaces, Réseaux, Laboratoire d'Economie des Transports, p.59-113.

LISTE DES TABLES

Tableau 1 – Formes possibles des niveaux d’attributs	25
Tableau 2 – Formes possibles des niveaux d’attributs	27
Tableau 3 – Arbitrages pour l’attribut « accessibilité de l’essence »	30
Tableau 4 – Plan factoriel complet d’une EPD de 3 attributs à 2 niveaux.....	35
Tableau 5 – Plan factoriel complet d’une EPD de 3 attributs à 2 niveaux.....	35
Tableau 6 – Plan factoriel complet d’une EPD de 3 attributs à 2 niveaux.....	37
Tableau 7 – DFF d’un <i>design</i> factoriel d’ordre 2^6	42
Tableau 8 – Tirage aléatoire des <i>Trade-off</i>	42
Tableau 9 – Constitution des <i>Trade-off</i> par croisement des niveaux d’attributs.....	43
Tableau 10 – DFF d’un <i>design</i> factoriel d’ordre 3^4	43
Tableau 11 – DFF d’un <i>design</i> factoriel d’ordre 3^4	44
Tableau 12 – Division d’un <i>design</i> en deux blocs	48
Tableau 13 – Résultats de l’enquête.....	50
Tableau 14 – Résultats des estimations	53
Tableau 15 – Catégorie socioprofessionnelle des FN porteuses de la CFN et des FN dans la société française.....	92
Tableau 16 – Compensation pour tarifs sociaux versée et recalculée depuis 2002 (en millions d’euros).....	94
Tableau 17 – Estimations par Logit simple par segment voyageurs <i>versus</i> non voyageurs (661 individus).....	100
Tableau 18 – Population FN <i>versus</i> population EPD	104
Tableau 19 – Tarif utilisé lors du dernier voyage.....	108
Tableau 20 – Possession d’une carte commerciale par les porteurs de CFN.....	108
Tableau 21 – Résultats de l’estimation du Logit mixte	109
Tableau 22 – Matrice des corrélations des coefficients	110
Tableau 23 – Distribution des coefficients aléatoires	111

Tableau 24 – Comportement de voyage des porteurs de CFN s'ils ne possédaient pas de CFN	115
Tableau 25 – Niveau de surplus selon le nombre de jours d'anticipation imposé et la réduction supplémentaire accordée.....	120
Tableau 26 – Variation des hypothèses de report de trafic, d'éviction et d'induction	122
Tableau 27 – Résultats de la variation des hypothèses de report, d'éviction et d'induction ..	123
Tableau 28 – Estimation des surplus avec intégration de la valorisation de l'anticipation d'achat par la SNCF.....	124
Tableau 29 – Comparaison du surplus avec l'appareil tarifaire actuel et du surplus potentiel avec intégration de la valorisation de l'anticipation d'achat par la SNCF	124
Tableau 30 – Bilan du retrait des porteurs du tarif FN 30% selon un taux d'éviction variable	131
Tableau 31 – Estimation des surplus avec les compensations par point de différentiel pointe / creux préconisées par les résultats de l'EPD	133
Tableau 32 – Estimation des surplus avec des compensations par point de différentiel pointe / creux supérieure à celle préconisées dans l'EPD	133
Tableau 33 – Bonus / malus offerts pour chaque catégorie de porteur selon la valorisation faite d'un point de différentiel pointe creux	134
Tableau 34 – Estimation du surplus généré par la mise en place d'une contrainte de voyage avec enfant.....	136
Tableau 35 – Coûts de revalorisation de la réduction Familles Nombreuses pour les familles de plus de 3 enfants.....	139
Tableau 36 – Attributs scénarios EPD Voiture.....	153
Tableau 37 – Attributs scénarios EPD Train.....	153
Tableau 38 – Scénarios du plan factoriel - Voiture	154
Tableau 39 – Scénarios du plan factoriel - Train	154
Tableau 40 – Scénarios testés - <i>focus group</i> de Toulouse.....	160
Tableau 41 – Réponses obtenues aux scénarios d'EPD – <i>focus group</i> de Toulouse	160
Tableau 42 – Résultats moyens obtenus pour chaque niveau d'attribut - <i>focus group</i> de Toulouse.....	161
Tableau 43 – Echantillon de l'enquête de présélection Vs échantillon de l'EPD.....	163
Tableau 44 – Valeurs monétaires des attributs d'EPD d'après une estimation par logit simple	166
Tableau 45 – Tests de l'égalité des coefficients (rapport de vraisemblance)	168

Tableau 46 – Estimation par Logit mixte - Segmentation par motif de déplacement - Distributions normales des paramètres aléatoires non corrélés	171
Tableau 47 – Estimation par Logit mixte - Segmentation par motif de déplacement - Distributions normales de la fréquence de passage des trains.....	173
Tableau 48 – Estimation par Logit mixte - Segmentation par motif de déplacement - Distributions normales de la fréquence de passage des trains.....	173
Tableau 49 – Caractéristiques de la fréquence selon plusieurs distributions	174
Tableau 50 – Valeurs monétaires de la fréquence selon plusieurs distributions.....	175
Tableau 51 – Caractéristiques de la fréquence selon plusieurs distributions	175
Tableau 52 – Résultats d’épd – Valorisation de chacun des attributs	178
Tableau 53 - Valeurs de l’élasticité au prix du carburant selon la période	191
Tableau 54 - Valeurs de l’élasticité au prix du carburant.....	191
Tableau 55 - Caractéristiques socio-économiques de l’échantillon de l’enquête quantitative.	202
Tableau 56 - Modification des fréquences énoncées par les enquêtés.....	206
Tableau 57 - Nombre de déplacements par enquêté	207
Tableau 58 - Informations sur le kilométrage annuel réalisé par l’échantillon	207
Tableau 59 - Informations sur la distance parcourus des déplacements recensés	210
Tableau 60 - Informations sur les distances des déplacements selon le motif.....	212
Tableau 61 - Informations sur les fréquences des déplacements selon le motif	212
Tableau 62 - Informations sur la contribution des différents déplacements au km annuel....	212
Tableau 63 - Part de chaque catégorie de distance dans les km parcourus	215
Tableau 64 - Part de chaque catégorie de distance dans les km parcourus	215
Tableau 65 - Part de chaque catégorie de distance dans le nombre de déplacements effectués	215
Tableau 66 - Attributs de réduction de la mobilité et niveaux d’attributs	216
Tableau 67 - Informations sur la consommation de carburant au sein de l’échantillon.....	220
Tableau 68 - Ecart moyen de consommation de carburant entre la consommation réelle et la consommation au sein des scénarios.....	220
Tableau 69 - Versions possibles de l’attribut « seuil d’allocation initiale ».....	221
Tableau 70 - Répartitions des situations « acheteur » / « vendeur » selon la définition de l’attribut « seuil d’allocation initiale ».....	222

Tableau 71 - Consommation de carburant au sein des « nouvelles mobilités » définies par les scénarios vs Seuils de consommation de carburant.....	223
Tableau 72 - « Basculements » de la position des enquêtés au fil des scénarios.....	224
Tableau 73 - Prix du <i>stand by</i> au fil des scénarios selon les niveaux définis pour l'attribut « prix » et le seuil d'allocation retenu	226
Tableau 74 - Prix au sein des scénarios selon les niveaux définis pour l'attribut « prix » et le seuil d'allocation retenu.....	226
Tableau 75 - Attributs de l'EPD (Voiture).....	227
Tableau 76 - Plan factoriel (Voiture).....	228
Tableau 77 - Attributs de l'EPD	229
Tableau 78 - Plan factoriel (Avion)	229
Tableau 79 - Plan factoriel (Avion)	230
Tableau 80 - Evaluation de la qualité de la retranscription des déplacements.....	237
Tableau 81 - Evaluation de la qualité de la projection des enquêtés lors de l'EPD	238
Tableau 82 - Caractéristiques socio-économique de l'échantillon d'EPD (N=283)	240
Tableau 83 - Caractéristiques socio-économique de l'échantillon d'EPD qui utilise l'avion (N=151)	241
Tableau 84 - Caractéristiques de mobilité en voiture de l'échantillon d'EPD.....	242
Tableau 85 - Caractéristiques de mobilité en avion de l'échantillon d'EPD qui utilise ce mode	243
Tableau 86 - Part du nombre de déplacements annuels selon la catégorie de distance	243
Tableau 87 - Part du kilométrage annuel selon la catégorie de distance.....	244
Tableau 88 - Répartition moyenne des km réalisés dans chaque catégorie selon le motif de déplacement	244
Tableau 89 - Répartition moyenne des km réalisés pour chaque motif de déplacement selon la catégorie	245
Tableau 90 - Distances moyennes selon le motif de déplacement	245
Tableau 91 - Part de la distance totale parcourue selon le motif de déplacement	245
Tableau 92 - Nombre de déplacements réalisés selon le motif de déplacement	245
Tableau 93 - Typologie d'attitude de l'échantillon d'EPD vis-à-vis du rationnement	247

Tableau 94 - Répartition par motifs des déplacements pour lesquels les enquêtés abandonnent la voiture (en ne tenant pas compte de la fréquence de réalisation de ces déplacements)...	250
Tableau 95 - Répartition par motifs des déplacements pour lesquels les enquêtés abandonnent la voiture (en tenant compte de la fréquence de réalisation de ces déplacements)	250
Tableau 96 - Niveaux de réduction de la mobilité au regard de la mobilité globale des enquêtés – Segmentation par motif de déplacement.....	251
Tableau 97 - Niveaux de réduction de la mobilité au regard de la mobilité globale des enquêtés – Segmentation par distance des déplacements	252
Tableau 98 - Résultats de l'estimation par logit simple (Voiture)	253
Tableau 99 - Tests d'hypothèse sur les catégories de distance.....	254
Tableau 100 - Estimation de l'EPD avec des données kilométriques – Logit simple.....	255
Tableau 101 - Résultats de l'estimation par logit simple (Avion).....	256
Tableau 102 - Estimation du modèle – Logit simple	259
Tableau 103 - Estimation des paramètres de la courbe de demande	260
Tableau 104 - Estimation segmentée du modèle – Logit simple	262

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Un <i>trade-off</i> présenté aux enquêtés lors de l'enquête de Selmi (2008)	14
Figure 2 - Principe d'estimation des modèles de choix discret	18
Figure 3 - Procédure de mise en place d'EPD	20
Figure 4 – Exemple d'attributs défini par différence	24
Figure 5 – Formes possibles des niveaux d'attributs.....	27
Figure 6 – Formes possibles des niveaux d'attributs.....	29
Figure 7 – Exemples de relations avec ou sans interactions entre 2 attributs.....	33
Figure 8 – Représentation graphique d'un plan factoriel complet d'une EPD de 2 attributs à 3 niveaux.....	34
Figure 9 – Nombre de scénarios à tester selon qu'on retienne le PFC ou le plus petit PFF.....	40
Figure 10 – Tirage aléatoire des <i>Trade-off</i>	46
Figure 11 – Le questionnaire.....	50
Figure 12 - Ajouter une constante à l'utilité ne change pas la probabilité de choix	56
Figure 13 - Multiplier l'utilité par une constante positive ne change pas la probabilité de choix	56
Figure 14 – Fonction de répartition d'une distribution de Gumbel.....	60
Figure 15 – Fonction de densité d'une distribution de Gumbel	60
Figure 16 – Arborisation du choix par Nested Logit.....	69
Figure 17 – Erreur de type I et erreur de type II	79
Figure 18 – Exemple de résultats d'estimations	81
Figure 19 - Informations individuelles détenus par le chercheur.....	84
Figure 20 – Evolution de la part du tarif FN dans l'ensemble des recettes, voyages et Vk SNCF depuis 1938	92
Figure 21 – Répartition du trafic en Vk par catégorie de tarif depuis 1966	93
Figure 22 – Attributs et niveaux d'attributs retenus.....	98

Figure 23 – Exemple de scénarios proposés à un porteur de CFN bénéficiant de 30% de réduction	99
Figure 24 – EPD –Taux de réduction des porteurs	101
Figure 25 – EPD – Fréquence de voyage des porteurs.....	101
Figure 26 – EPD – Age des porteurs.....	102
Figure 27 – EPD – Sexe des porteurs.....	102
Figure 28 – EPD – Revenus du ménage	103
Figure 29 – Carte choisie par taux de réduction.....	107
Figure 30 – Le tarif FN est le plus avantageux.....	108
Figure 31 – Liste des variables et abréviations utilisées dans les calculs de surplus.....	113
Figure 32 – Taux d’adhésion en fonction du nombre de jours d’anticipation de réservation imposés et du taux de réduction supplémentaire offert	121
Figure 33 – Valorisation par la SNCF de l’anticipation d’achat des billets (€/jour)	123
Figure 34 – Prix moyen payé selon le tarif utilisé et la classe de contrôle en 2008 sur TGV..	126
Figure 35 – Répartition des différents taux de réduction par CSP du chef de famille	128
Figure 36 – Montée en charge des réservations cumulées pour une circulation le 4 novembre 2008.....	128
Figure 37 – Montée en charge des recettes en euros cumulés pour une circulation le 4 novembre 2008	129
Figure 38 – Prix moyen payé selon le tarif utilisé et l’anticipation pour la journée du 4 novembre 2008	130
Figure 39 – Région Toulousaine	142
Figure 40 – Questionnaire d’EPD présenté aux enquêtés	156
Figure 41 – Echelle ordinale de choix utilisée lors du <i>focus</i> groupe.....	159
Figure 42 – Réponses aux scénarios d’epd Vs mode utilisé	164
Figure 43 – Motif de déplacement selon le mode utilisé.....	180
Figure 44– Intention de réduction de l’usage lors de l’année à venir.....	181
Figure 45 – Intention d’augmentation de l’usage lors de l’année à venir	182
Figure 46 - Emissions de CO2 par mode de transport en France métropolitaine (132,6 Mt en 2007)	184
Figure 47 - Consommation de produits pétroliers corrigée du climat.....	185

Figure 48 - Coût marginal de réduction des émissions.....	187
Figure 49 - Exemple de trade-off d'EPD avec arbitrage selon la consommation de carburant	195
Figure 50 - Exemple de trade-off d'EPD avec arbitrage selon les distances parcourues.....	195
Figure 51 - Exemple de trade-off avec arbitrage selon le nombre de déplacement à supprimer par catégorie de distance	195
Figure 52 - Mécanisme de personnalisation des scénarios d'EPD	204
Figure 53 - Distances parcourues lors des déplacements recensés (km aller)	206
Figure 54 - Distance annuelle parcourue par les enquêtés (d'après calculs).....	207
Figure 55 - Distance des déplacements recensés selon la fréquence de réalisation	211
Figure 56 - Zooms sur les distances des déplacements recensés	214
Figure 57 - Consommation de carburant au sein de l'échantillon	220
Figure 58 - Liste des déplacements fournie aux enquêtés (Voiture).....	231
Figure 59 - Liste des déplacements fournis aux enquêtés (Avion).....	232
Figure 60 - Exemple de scénario de régulation <i>via</i> taxe (Voiture)	232
Figure 61 - Exemple de scénario de régulation <i>via</i> taxe (Avion)	232
Figure 62 - Exemple de scénario de régulation <i>via</i> permis d'émission (Voiture).....	233
Figure 63 - Exemple de scénario de régulation <i>via</i> permis d'émission (Avion).....	233
Figure 64 - Phrases de reconstitution de la typologie de comportements face au rationnement identifiée lors de l'EIRD	234
Figure 65 - Réponses fournies par les enquêtés.....	248
Figure 66 - Réponses fournies par les enquêtés aux scénarios « voiture »	249
Figure 67 - Diversité des réponses fournies par les enquêtés au fil des scénarios	249
Figure 68 - Courbes de demande inverses ($q=10,20,40$)	261
Figure 69 - Elasticité de la demande de mobilité par rapport au prix ($q=10, 20, 40$)	261
Figure 70 - Principales orientations de mise en oeuvre	268
Figure 71 - Principaux traitements économétriques.....	269
Figure 70 : Choix modal (Ben-Akiva et al. (1976, p.156-157)):Attributs retenus	295
Figure 71 – Spécification non linéaire de la désutilité du temps de parcours.....	299
Figure 72 – Données statistiques tarif Familles Nombreuses sur TGV en 2008.....	324

Figure 73 – Réduction moyenne accordée par le tarif Familles Nombreuses sur TGV.....	325
Figure 74 – Prix moyen payé en euros selon l’anticipation de réservation et le tarif utilisé pour la journée du 4 novembre 2008	327
Figure 75 – Prix moyen payé en euros entre J-90 et J-... pour la journée du 4 novembre 2008 selon le tarif utilisé.....	327
Figure 76 – Prix moyen payé avec les tarifs commerciaux entre le jour de réservation imposé et le jour du départ.....	328
Figure 77 – Prix moyen payé et répartition du trafic (en voyages) selon la période de voyage et le type de tarif utilisé, journée du 4 novembre 2008, 24 principales OD TGV.....	329
Figure 78 – Prix moyen payé et répartition du trafic (en voyages) selon la période de voyage et le type de tarif utilisé sur l’année 2008 toutes OD TGV.....	329
Figure 79 – Prix moyen payé et répartition du trafic (en voyages) selon la période de voyage et le type de tarif utilisé pour la journée du 4 novembre 2008 toutes OD TGV.....	330

ANNEXES

Annexe 1 – Vocabulaire propre aux EPD

<i>Design</i>	Conception du protocole expérimental de l'EPD. <i>Choix des attributs, choix des niveaux d'attributs, constitution du plan factoriel, constitution des trade off.</i>
Attributs	Variables intégrées dans les scénarios de l'EPD.
Niveaux d'attributs	Différentes valeurs que peuvent prendre les attributs
Scénarios ou situations fictives	Situations fictives créées à partir des attributs et des niveaux d'attributs
Plan factoriel	Ensemble des différents scénarios (pouvant être) retenus pour l'EPD
<i>Trade off</i> ou marchés hypothétiques	Combinaison de scénarios issus du plan factoriel. Correspond à la situation de choix proposée aux enquêtés.

Annexe 2 – Formule de probabilité de choix d'une alternative - modèle LOGIT

$$P_{A1} = P(y_{i1} = 1) = E(P(y_{i1} = 1 | \epsilon_1))$$

$$P_{A1} = \int_{-\infty}^{\infty} P(A_{i1} | \epsilon_1) \cdot f(\epsilon_1) d\epsilon_1$$

$$P_{A1} = \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{j=2}^j \exp^{-\alpha_j (-\epsilon_1 + V_{i1} - V_{ij})} \cdot \exp^{-\epsilon_1} d\epsilon_1$$

$$P_{A1} = \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{j=1}^j \cdot \exp^{-\epsilon_1} d\epsilon_1$$

$$P_{A1} = \int_{-\infty}^{\infty} \exp^{-\sum_{j=1}^i \exp^{-(\epsilon_1 + V_{i1} - V_{ij})}} \cdot \exp^{-\epsilon_1} d\epsilon_1 \quad \text{car } \exp^a \times \exp^b = \exp^{a+b}$$

$$P_{A1} = \int_{-\infty}^{\infty} \exp^{-\exp^{-\epsilon_1} \sum_{j=1}^i \exp^{-(V_{i1} - V_{ij})}} \cdot \exp^{-\epsilon_1} d\epsilon_1$$

on pose $t = \exp^{-\epsilon_1}$ avec donc $dt = -\exp^{-\epsilon_1} d\epsilon_1$ et $d\epsilon_1 = -dt \exp^{\epsilon_1} = -\frac{dt}{t}$

$$\text{On a donc } P_{A1} = \int_0^{\infty} \exp^{-t \sum_{j=1}^i \exp^{-(V_{i1} - V_{ij})}} \cdot t \cdot \left(-\frac{1}{t}\right) dt$$

$$P_{A1} = \int_0^{\infty} \exp^{-t \sum_{j=1}^i \exp^{-(V_{i1} - V_{ij})}} dt$$

$$P_{A1} = \left[-\frac{\exp^{-t \sum_{j=1}^i \exp^{-(V_{i1} - V_{ij})}}}{\sum_{j=1}^i \exp^{-(V_{i1} - V_{ij})}} \right]_0^{\infty}$$

$$P_{A1} = \frac{1}{\sum_{j=1}^i \exp^{-(V_{i1} - V_{ij})}}$$

$$P_{A1} = \frac{1}{\exp^{-V_{i1}} \sum_{j=1}^i \exp^{V_{ij}}}$$

$$P_{i1} = \frac{\exp^{V_{ij}}}{\sum_{i=1}^j \exp^{V_{ij}}} \quad (11)$$

Annexe 3 – Application de tests statistiques pour spécifier un modèle de choix discrets

L'ensemble de ces méthodes de comparaison de diverses spécifications repose sur les tests d'hypothèses statistiques de base appliqués aux modèles de choix discret. Ces tests sont toujours exprimés à partir de comparaisons entre un modèle contraint et un modèle non contraint. Le modèle contraint étant un cas particulier d'un modèle plus général, le modèle non-contraint. Cet aspect est essentiel pour mettre en pratique les tests hypothèses. Les modèles testés doivent toujours être spécifiés de manière à respecter cette condition.

Aux quelques brefs exemples ci-après ne sont pas associées les estimations, ce qui suffit néanmoins à illustrer la mise en pratique de tests d'hypothèses. Cet exemple est directement inspiré des estimations réalisées par **Ben-Akiva et al. (1976)**.

Dans cet exemple, trois modes de transport sont proposés aux personnes interrogées: l'utilisation seul de sa voiture privée (VP), l'utilisation de co-voiturage à partir d'une voiture quelconque (CV) et l'utilisation des transports collectifs (TC).

On ne s'arrête pas ici sur les questions relatives au choix des scénarios et des univers de choix proposés à chaque individu ou catégorie d'individus interrogés. Nous utilisons ici uniquement l'exemple à titre illustratif à partir de diverses spécifications des fonctions d'utilité relatives aux trois alternatives.

En terme de notation, les coefficients associés à chaque attribut sont numérotés par ordre chronologique d'utilisation et ne sont pas identiques entre les diverses spécifications.

Pour cet exemple, les attributs utilisés dans la spécification sont les suivants.

Figure 72 : Choix modal (Ben-Akiva et al. (1976, p.156-157)):Attributs retenus

Attributs	Notation
Attributs propres aux alternatives	
Temps de parcours total (hors véhicule + dans le véhicule) (min.)	T
Temps de parcours hors véhicule (min.)	T _H
Coût (\$)	C
Distance (mls)	D
Attributs propres aux ménages	
Revenu (\$/an)	R
Nombre de voitures possédées	V
Nombre d'actifs	A
taille du ménage	M
Attributs propres aux individus composant le ménage	

Travail dans le centre (variable binaire)	O
Travail dans une entreprise publique (variable binaire)	F

Imaginons que quatre spécifications possibles, présentées ci-après, résultent de la réflexion de l'analyste et que pour chacune d'elle il souhaite mettre en place quelques tests d'hypothèse. Le lecteur retrouvera les hypothèses par simple lecture des fonctions d'utilité.

Spécification 1 (S_1)

$$U_{VP} = \alpha_{VP} + \beta_1.T + \beta_2.\frac{T_H}{D} + \beta_3.\frac{C}{R} + \beta_4.\frac{V}{A} + \beta_6.O + \beta_8.R$$

$$U_{CV} = \alpha_{CV} + \beta_1.T + \beta_2.\frac{T_H}{D} + \beta_3.\frac{C}{R} + \beta_5.\frac{V}{A} + \beta_7.O + \beta_9.R + \beta_{10}.F$$

$$U_{TC} = \beta_1.T + \beta_2.\frac{T_H}{D} + \beta_3.\frac{C}{R}$$

Spécification 2 (S_2)

$$U_{VP} = \alpha_{VP} + \beta_1.T + \beta_2.\frac{T_H}{D} + \beta_3.\frac{C}{R} + \beta_4.\frac{V}{A} + \beta_6.O + \beta_8.R$$

$$U_{CV} = \alpha_{CV} + \beta_1.T + \beta_2.\frac{T_H}{D} + \beta_3.\frac{C}{R} + \beta_5.\frac{V}{A} + \beta_7.O + \beta_8.R$$

$$U_{TC} = \beta_1.T + \beta_2.\frac{T_H}{D} + \beta_3.\frac{C}{R}$$

Spécification 3 (S_3)

$$U_{VP} = \alpha_{VP} + \beta_1.T + \beta_2.\frac{T_H}{D} + \beta_3.\frac{C}{R} + \beta_4.\frac{V}{A} + \beta_6.O + \beta_8.R + \beta_{10}.F + \beta_{12}.A$$

$$U_{CV} = \alpha_{CV} + \beta_1.T + \beta_2.\frac{T_H}{D} + \beta_3.\frac{C}{R} + \beta_5.\frac{V}{A} + \beta_7.O + \beta_8.R + \beta_{11}.F + \beta_{13}.A$$

$$U_{TC} = \beta_1.T + \beta_2.\frac{T_H}{D} + \beta_3.\frac{C}{R}$$

Spécification 4 (S_4)

$$U_{VP} = \alpha_{VP} + \beta_1.T + \beta_4.\frac{T_H}{D} + \beta_6.\frac{C}{R} + \beta_8.\frac{V}{A} + \beta_{10}.O + \beta_{12}.R$$

$$U_{CV} = \alpha_{CV} + \beta_2.T + \beta_4.\frac{T_H}{D} + \beta_6.\frac{C}{R} + \beta_9.\frac{V}{A} + \beta_{11}.O + \beta_{13}.R + \beta_{14}.F$$

$$U_{TC} = \beta_3.T + \beta_5.\frac{T_H}{D} + \beta_7.\frac{C}{R}$$

1 - Vérifier si un modèle a un pouvoir explicatif avec un test de rapport de vraisemblance

On souhaite tester si notre modèle S_1 permet de représenter la fonction d'utilité des individus lors de leurs choix. On peut utiliser ici un test de rapport de vraisemblance. On utilise pour ça le résultat d'estimations à partir d'un modèle restreint sous hypothèse H_0 et du modèle normal S_1 . comme évoqué précédemment, un test de Wald ou un test du multiplicateur de lagrange auraient aussi pu être utilisés.

$$H_0 : \text{Modèle avec } \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{10}$$

$$H_1 : \text{Modèle } S_1$$

2 - Comparer la structure d'un même modèle avec un t-test

On cherche ici à savoir si dans S_1 , un coefficient propre à chaque alternative est vraiment nécessaire pour la prise en compte des variables de revenu du ménage, R , et de lieu de travail, O . On fait ici deux tests différents pour chacun des attributs considérés. On pose comme hypothèse, ici pour R :

$$H_0 : \beta_6 = \beta_7$$

$$H_1 : \beta_6 \neq \beta_7$$

3 - Comparer la structure d'un même modèle avec un test de rapport de vraisemblance

Comme on l'a fait auparavant, on voudrait savoir ici si pour un attribut donné, l'estimation de coefficients propres à chaque alternative est nécessaire, en l'occurrence, comme on l'a fait précédemment, pour le revenu. On compare donc ici notre modèle S_1 au modèle S_2 .

$$H_0 : \text{Modèle } S_2$$

$$H_1 : \text{Modèle } S_1$$

On peut faire la même chose pour plusieurs modifications simultanément en comparant ici S_4 et S_1 . Il ne sera pas possible ici d'évaluer la contribution de chacune des modifications.

$$H_0 : \text{Modèle } S_4$$

$$H_1 : \text{Modèle } S_1$$

4 - Tester la pertinence d'une spécification non linéaire de la fonction d'utilité avec un test du rapport de vraisemblance

Bien souvent, la forme des variables de la fonction d'utilité n'est pas connue *a priori*. L'analyste souhaite alors comparer diverses transformations non linéaires de variables. Pour se faire, il est possible d'utiliser des tests d'hypothèses.

A partir des spécifications précédentes, nous faisons l'hypothèse que l'impact du temps de parcours T sur l'utilité varie selon la durée du trajet à effectuer. Nous décomposons alors T en plusieurs variables selon l'intervalle du temps de parcours. Nous avons alors $T(0-20)$, $T(20-50)$, $T(50-80)$ et $T(80+)$. Nous obtenons alors une nouvelle spécification de la fonction d'utilité.

Spécification 5 (S_5)

$$U_{VP} = \alpha_{VP} + \beta_1.T_{0-20} + \beta_2.T_{20-50} + \beta_3.T_{50-80} + \beta_4.T_{80+} + \beta_5.\frac{T_H}{D} + \beta_6.\frac{C}{R} + \beta_7.\frac{V}{A} + \beta_9.O + \beta_{11}.R$$

$$U_{CV} = \alpha_{CV} + \beta_1.T_{0-20} + \beta_2.T_{20-50} + \beta_3.T_{50-80} + \beta_4.T_{80+} + \beta_5.\frac{T_H}{D} + \beta_6.\frac{C}{R} + \beta_8.\frac{V}{A} + \beta_{10}.O + \beta_{12}.R + \beta_{13}.F$$

$$U_{TC} = \beta_1.T_{0-20} + \beta_2.T_{20-50} + \beta_3.T_{50-80} + \beta_4.T_{80+} + \beta_5.\frac{T_H}{D} + \beta_6.\frac{C}{R}$$

Afin d'évaluer si la décomposition du temps en intervalles a un sens, nous testons l'hypothèse $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$ grâce au test suivant:

$$H_0: \text{Modèle } S_1$$

$$H_1: \text{Modèle } S_5$$

Nous confrontons ensuite $-2(\alpha_{\beta_{S_1}} - \alpha_{\beta_{S_5}})$ à la valeur de la distribution de χ^2 pour l'intervalle confiance choisi et 3 degrés de liberté.

Si la valeur critique n'appartient pas à $[-\chi_{3;0,95}^2, \chi_{3;0,95}^2]$, l'hypothèse H_0 d'une variable linéaire pour le temps de parcours peut être rejetée.

Il est possible de faire de même lorsqu'une spécification non linéaire d'un paramètre est faite sans segmenter la variable mais en transformant algébriquement la forme de la distribution. Le test se réalise de la même manière mais les spécifications des fonctions d'utilité seraient par exemple :

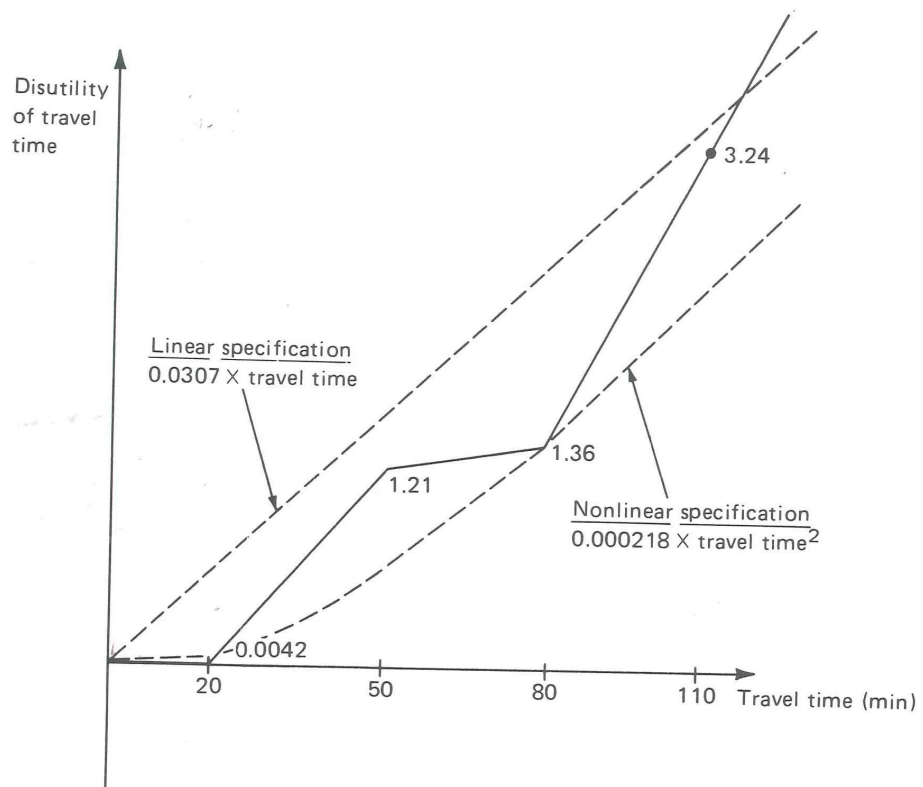
Spécification 6 (S_6)

$$U_{VP} = \alpha_{VP} + \beta_1.T^2 + \beta_5.\frac{T_H}{D} + \beta_6.\frac{C}{R} + \beta_7.\frac{V}{A} + \beta_9.O + \beta_{11}.R$$

$$U_{CV} = \alpha_{CV} + \beta_1.T^2 + \beta_5.\frac{T_H}{D} + \beta_6.\frac{C}{R} + \beta_8.\frac{V}{A} + \beta_{10}.O + \beta_{12}.R + \beta_{13}.F$$

$$U_{TC} = \beta_1.T^2 + \beta_5.\frac{T_H}{D} + \beta_6.\frac{C}{R}$$

Figure 73 – Spécification non linéaire de la désutilité du temps de parcours



Source : Ben-Akiva,(1985), p.176.

Annexe 4 – Questionnaire Familles Nombreuses



QUESTIONNAIRE : « Perceptions et évolutions du tarif social Familles Nombreuses de la SNCF »

Nom de l'enquêteur :

Bonjour,

Je suis étudiant(e) et je suis amené(e), dans le cadre de mes études, à réaliser une enquête en collaboration avec la SNCF sur la carte Familles Nombreuses auprès des familles bénéficiant de cette carte. L'objectif est de mieux comprendre leurs pratiques de déplacement et de leur proposer un service plus adapté à leurs besoins.

Accepteriez vous de répondre à quelques questions?

- o **si la personne dit qu'elle est occupée** → pourrais-je vous rappeler à un autre moment de la journée
si oui → marquer l'heure du RDV sur la feuille et retéléphoner
- o **si non** → la remercier et raccrocher
- o **si elle refuse catégoriquement** la remercier et raccrocher.

Si la personne le demande, lui dire que :

- Les réponses seront traitées de façon anonyme, dans le respect de la plus stricte confidentialité.
- Le questionnaire durera une quinzaine de minutes

La personne à interroger est un des deux parents, qu'il soit le demandeur ou non, celui qui voyage le plus ou non

Parent 1 :

Parent2 :

Nom :

Prénom :

N° de dossier de la base :

N° dans l'échantillon :

Ville :

1^{er} appel : date :

heure :

2^{ème} appel : date :

heure :

3^{ème} appel : date :

heure

RDV date :

heure

Rappeler les personnes absentes au moins 3 fois et noter les dates et heures des appels. Rappeler la personne toujours à un autre horaire que celui qui n'a pas fonctionné

QUESTIONS FILTRES

Q0 Bénéficiez-vous actuellement personnellement d'une carte Familles Nombreuses ?

- Oui
- Non

Si Oui → Passer à Q0 bis

Si Non → Votre conjoint en possède-t-il une ?

- Oui
- Non

Si Oui → puis-je lui parler ?

S'il est là → passer Q0 bis avec la nouvelle personne en prenant soin de réexpliquer le but de l'enquête

S'il n'est pas là → prendre un RDV

Si Non → Terminer l'appel

Q0 bis De quelle réduction bénéficiez-vous actuellement avec votre carte Familles Nombreuses ?

- 30%
- 30% « à vie »
- 40%
- 50%
- 75%

Q1 Depuis que vous avez ou avez renouvelé votre carte Familles Nombreuses, avez-vous voyagé en (réponses multiples) :

- Train à réservation obligatoire : TGV, Corail Teoz, Corail Lunéa, Corail classique
- TER
- Transilien (trains de banlieue, metro, RER, etc.)
- Aucun des trois

Enquêteur

Si « Transilien » uniquement → Terminer et référencer l'appel

Si « TER » uniquement → l'enquêté est considéré comme un « exclusif TER » / questionnaire 1

Si « TER + Transilien » → l'enquêté est considéré comme un « exclusif TER » / questionnaire 1

Si « train à réservation obligatoire » uniquement → l'enquêté est considéré comme un « exclusif train à réservation obligatoire » / questionnaire 1

Si « train à réservation obligatoire + Transilien » → l'enquêté est considéré comme un « exclusif train à réservation obligatoire » / questionnaire 1

Si « train à réservation obligatoire + TER » → l'enquêté est considéré comme « mixte train à réservation obligatoire + TER » / questionnaire 1

Si « train à réservation obligatoire + TER + Transilien » → l'enquêté est considéré comme « mixte train à réservation obligatoire + TER » / questionnaire 1

Si « aucun des trois » → l'enquêté est considéré comme un « non utilisateur de la carte Familles Nombreuses » / on lui propose le questionnaire 2 « Les bénéficiaires de la carte Familles Nombreuses qui ne voyagent pas »

Q2 Est-ce que vous, votre conjoint ou vos enfants possédez une des cartes SNCF suivantes

(réponses multiples) :

- Carte Enfant +
- Carte 12-25
- Carte Senior
- Non, aucune

QUESTIONNAIRE 1

« LES BENEFICIAIRES DE LA CARTE FAMILLES NOMBREUSES QUI VOYAGENT »

LES DEPLACEMENTS EN TRAIN

1. Nous allons maintenant discuter de vos déplacements en train

Je vous précise qu'un voyage correspond à un trajet simple.

Par exemple, pour un aller retour Paris – Marseille, le dernier voyage correspond au trajet Marseille – Paris.

Enquêteur

1a → « Exclusifs TER »

1b → « Mixtes » TER + train à réservation obligatoire »

1c → « Exclusifs train à réservation obligatoire »

1a Enquêteur

Pour les « exclusifs TER »

Vous ne vous déplacez qu'en TER :

Q3 Depuis novembre 2005, combien de trajets en TER avec au moins un de vos enfants avez-vous fait avec :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

Q4 Depuis novembre 2005, combien de trajets en TER sans enfant et pour motif privé-loisirs avez-vous fait avec :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

Q5 Un déplacement pour motif professionnel est un déplacement dans le cadre de votre travail mais vous vous rendez sur un autre lieu que votre lieu de travail habituel.

Depuis novembre 2005, combien de trajets en TER sans enfant et pour motif professionnel avez-vous fait avec :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

Q6 Combien de trajets en TER pour vous rendre de votre domicile à votre lieu de travail faites vous par semaine :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

1b Enquêteur

Pour les « mixtes TER + train à réservation obligatoire »

Vous vous déplacez en TER et en train à réservation obligatoire.

Concernant vos déplacements en TER :

Q7 Depuis novembre 2005, combien de trajets en TER avez-vous fait hors déplacements pour aller de votre domicile à votre lieu de travail :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

Q8 Combien de trajets en TER pour vous rendre de votre domicile à votre lieu de travail faites vous par semaine :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

Q9 Quel est le motif pour lequel vous voyagez le plus souvent en TER avec votre carte Familles Nombreuses ?

- domicile-travail
- professionnel
- loisirs
- privé
- autre, précisez _____

Concernant vos déplacements en train à réservation obligatoire :

Q10 Depuis novembre 2005, combien de trajets en train à réservation obligatoire avec au moins un de vos enfants avez-vous fait avec :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

Q11 Depuis novembre 2005, combien de trajets en train à réservation obligatoire sans enfant et pour motif privé-loisirs avez-vous fait avec :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

Q12 Je vous précise qu'un déplacement pour motif professionnel est un déplacement dans le cadre de votre travail mais vous vous rendez sur un autre lieu que votre lieu de travail habituel)

Depuis novembre 2005, combien de trajets en train à réservation obligatoire sans enfant et pour motif professionnel avez-vous fait avec :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

Q13 Combien de trajets en train à réservation obligatoire pour vous rendre de votre domicile à votre lieu de travail faites vous par semaine :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

1. c Enquêteur

Pour les « exclusif train à réservation obligatoire » → on se concentre sur les déplacements en train à réservation obligatoire

Vous ne vous déplacez qu'en train à réservation obligatoire :

Q14 Depuis novembre 2005, combien de trajets en train à réservation obligatoire avec au moins un de vos enfants avez-vous fait avec :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

Q15 Depuis novembre 2005, combien de trajets en train à réservation obligatoire sans enfant et pour motif privé-loisirs avez-vous fait avec :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

Q16 Je vous précise qu'un déplacement pour motif professionnel est un déplacement dans le cadre de votre travail mais vous vous rendez sur un autre lieu que votre lieu de travail habituel.

Depuis novembre 2005, combien de trajets en train à réservation obligatoire sans enfant et pour motif professionnel avez-vous fait avec :

- votre carte Familles Nombreuses : _____
- un autre tarif : _____

Q17 Combien de trajets en train pour vous rendre de votre domicile à votre lieu de travail faites vous par semaine :

- o votre carte Familles Nombreuses : _____
- o un autre tarif : _____

.....

Enquêteur

Si carte 30% « à vie » → passer directement à la partie 3.

2. Passons aux déplacements en train de vos enfants de moins de 18 ans depuis que vous avez ou avez renouvelé votre carte Familles Nombreuses

Je vous rappelle qu'un voyage est un trajet simple. Nous parlons ici de l'ensemble des voyages en train de vos enfants, quel que soit le type de train (trains à réservation obligatoire, TER, Transilien, etc.)

Q18 Vos enfants voyagent-ils sans vous et sans votre conjoint ?

- o Oui, toujours
- o Oui, souvent
- o Oui, parfois
- o Non, jamais

Si Non → passer à Q21

Q19 Pour quel motif voyagent-ils le plus souvent quand ils voyagent sans vous ? (Laisser répondre, puis recoder)

-
- o visite à leur père / mère (selon que l'on interroge la mère ou le père)
 - o loisir / vacances
 - o études
 - o autre, précisez _____

Q20 Avec quel tarif voyagent-ils le plus souvent quand ils voyagent sans vous ?

- o le tarif Familles Nombreuses
- o un autre tarif, précisez _____

Enquêteur

Si l'enquêté ne voyage que pour aller de son domicile à son lieu de travail en Q6, Q13 et Q17 → passer à « Les tarifs proposés par la SNCF et la carte Familles Nombreuses »

3. Nous allons maintenant parler de votre dernier voyage en train

Enquêteur

Si « exclusif TER » → on parle du dernier voyage TER hors déplacements domicile-travail quotidiens

Si « exclusif train à réservation obligatoire » → on parle du dernier voyage en train à réservation obligatoire hors déplacements domicile-travail quotidiens

Si « mixte train à réservation obligatoire + TER » → on parle du dernier voyage en train à réservation obligatoire hors déplacements domicile-travail quotidiens

Nous parlons de **votre voyage**, pas de celui d'un membre de votre famille.

Je vous rappelle qu'un voyage est un trajet simple. Nous ne parlons pas ici de vos déplacements quotidiens pour vous rendre sur votre lieu de travail ou votre lieu d'étude.

Q21 À quand remonte votre dernier voyage en train ? (Enquêteur : demander de préciser au moins le mois et l'année)

Q22 Pouvez-vous préciser le jour : un jour de semaine, le week end, un jour férié ? (Laisser répondre, puis classer dans la liste suivante)

- lundi
- mardi, mercredi, jeudi
- vendredi
- samedi, dimanche
- jour férié
- semaine
- ne sait plus

Q23 A quel moment de la journée avez-vous voyagé ?

- entre 6h-9h
- entre 9h-16h
- entre 16h-21h
- entre 21h-6h
- ne sait plus

Q24 Le parcours :

- De quelle gare êtes-vous parti ?** _____
(merci d'épeler le nom)
- Dans quelle gare êtes-vous arrivé ?** _____
(merci d'épeler le nom)

Q25 Quel était le motif de votre voyage ?

- professionnel
- privé : visite à la famille, visite à des amis, démarches administratives, affaires personnelles, santé
- loisirs : tourisme, week end, vacances
- autre, précisez : _____

Q26 Quelle était la durée de votre séjour ? (Laisser répondre puis recoder)

- une journée ou moins
- deux jours
- entre deux jours et une semaine
- plus d'une semaine
- autre, précisez : _____

Q27 Vous avez voyagé en :

- 1^{ère} classe
- 2^{ème} classe

Q28 Pour ce voyage, qui a payé votre billet ? (Laisser répondre puis recoder)

- vous-même
- votre conjoint
- votre employeur
- il s'agissait d'un cadeau
- quelqu'un d'autre, précisez _____

Enquêteur : si le personne dit qu'elle a payé son billet et que son employeur l'a remboursée, cocher « votre employeur ».

Q29 Pour ce voyage, avez-vous utilisé votre tarif Familles Nombreuses ou un autre tarif ?

- la carte Familles Nombreuses
- un autre tarif : laissez répondre, si l'enquêté ne trouve pas, citer la liste suivante

- _____
- le plein tarif
 - un tarif Découverte, précisez le nom _____
 - Prem's
 - Offre Dernière Minute

- Une Carte, précisez le nom et la réduction _____
- Billet de Congés Annuels
- Carte Militaire
- Un Abonnement, précisez le nom _____
- Billet de groupe
- Une promotion
- Autre, précisez le nom _____
- Ne sait pas

Si réponse « un autre tarif » → passer à Q31

Q30 Vous avez utilisé la carte Familles Nombreuses. Si vous ne l'aviez pas eue, qu'auriez-vous fait ?

- Vous n'auriez pas voyagé
- Vous auriez voyagé en train quand même
- Vous auriez voyagé en voiture
- Autre, précisez _____

Q31 Lors de ce dernier voyage, étiez-vous accompagné ?

- Oui
- Non

Si oui → Etait-ce des membres de votre famille ?

- Oui
- Non

Q32 Quand avez-vous réservé votre billet ?

Pour cette question, je vous précise que la question porte bien sur le moment où vous avez réservé votre billet et non pas le moment où vous l'avez acheté.

Par exemple lorsque vous réservez votre billet sur Internet ou par téléphone, vous le recevrez par la poste, ou bien vous le retirerez à un guichet ou sur un automate. Mais la réservation se situe au moment où vous l'avez faite sur Internet.

- le jour du départ
- la veille du départ
- dans la semaine qui a précédé le départ
- deux semaines avant le départ
- dans le mois qui a précédé le départ
- plus d'un mois avant le départ

Q33 Pour ce voyage, avez-vous choisi l'heure ou le jour de votre voyage en fonction du prix ?

- oui
- non

LES TARIFS PROPOSES PAR LA SNCF ET LA CARTE FAMILLES NOMBREUSES

A présent, je vais vous poser des questions sur les différents tarifs que vous pouvez utiliser pour voyager en train.

Q34 Savez-vous qu'il existe deux types de tarifs à la SNCF : des tarifs commerciaux et des tarifs sociaux ?

- Oui
- Non

Q35 Selon vous, le tarif Familles Nombreuses est-il un tarif commercial ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas

Q36 Je vais maintenant vous énoncer plusieurs propositions sur ce que pourrait être un tarif social et vous me direz si vous êtes : pas du tout d'accord, pas vraiment d'accord, plutôt d'accord ou entièrement d'accord.

Enquêteur

Pour Q36.1 à Q37.3, énoncer les propositions comme suit :

« Si je vous dis qu'un tarif social est vous êtes pas du tout d'accord, »

Q36.1 Un tarif social est un tarif particulièrement avantageux pour son prix bas

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- Ne sait pas / Ne veut pas répondre

Q36.2 Un tarif social est un tarif financé par une autorité publique

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- Ne sait pas / Ne veut pas répondre

Q36.3 Un tarif social pour voyager en train devrait tenir compte des revenus du foyer

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- Ne sait pas / Ne veut pas répondre

Q36.4 Un tarif social est un tarif utilisable à tous moments sans aucune restriction

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- Ne sait pas / Ne veut pas répondre*

Q37 Je vais vous énoncer plusieurs propositions concernant la carte Familles Nombreuses et vous me direz si vous êtes : pas du tout d'accord, pas vraiment d'accord, plutôt d'accord ou entièrement d'accord.

Q37.1 La carte Familles Nombreuses récompense les familles d'avoir fait des enfants

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- Ne sait pas / Ne veut pas répondre*

Q37.2 La carte Familles Nombreuses est indispensable aux familles nombreuses pour voyager

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- Ne sait pas / Ne veut pas répondre*

Q37.3 Il y a d'autres tarifs plus avantageux pour voyager en train que la carte Familles Nombreuses

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- Ne sait pas / Ne veut pas répondre*

En fait la carte Familles Nombreuses est un tarif social

Q38 Savez-vous que les tarifs sociaux - et donc le tarif Familles Nombreuses - sont imposés par l'Etat à la SNCF ?

- Oui
- Non

Q39 Savez-vous qu'une partie de votre voyage est financée par l'Etat, quand vous voyagez en train avec votre carte Familles Nombreuses?

- Oui
- Non

Q40 Test des scénarios

Pour proposer un service plus adapté aux familles nombreuses, nous avons élaboré plusieurs possibilités d'utilisation de la carte Familles Nombreuses. Je vais vous décrire ces différentes possibilités et pour chacune d'elles, vous me direz si elle vous conviendrait, si vous préféreriez garder votre carte actuelle ou si vous hésiteriez.

Actuellement, votre carte vous permet de bénéficier de :

___% de réduction

que vous réserviez votre billet à l'avance ou au dernier moment

que vous voyagiez seul ou accompagné

que vous voyagiez en période normale ou en période de pointe.

Lorsque vous voyagez en **période de pointe**, vous voyagez tôt le matin et en fin d'après midi ainsi que les vendredi et dimanche soir.

Si vous aviez le choix entre cette carte et une des cartes suivantes, laquelle choisiriez-vous ?

Enquêteur

Si carte Familles Nombreuses 30% « à vie » → proposer les scénarios « 30S »

Questionnaire / __ / - / __ __ /

Scénario A

- Vous gardez votre carte actuelle
- Vous choisissez la carte proposée
- Vous ne savez pas

Scénario B

- Vous gardez votre carte actuelle
- Vous choisissez la carte proposée
- Vous ne savez pas

Scénario C

- Vous gardez votre carte actuelle
- Vous choisissez la carte proposée
- Vous ne savez pas

Q41 Classez les trois caractéristiques suivantes par ordre de préférence, en commençant par la caractéristique la plus importante pour vous :

- o Voyager sans réserver à l'avance (2 mois à l'avance comme le jour du départ)
- o Voyager seul ou accompagné à votre guise
- o Bénéficier de votre réduction quelle que soit l'heure de votre départ

Q42 Depuis quelques mois, vous pouvez utiliser votre carte Familles Nombreuses ailleurs qu'à la SNCF (dans la grande distribution, l'hôtellerie, la restauration, les loisirs, etc.). Le savez-vous?

- o Oui
- o Non

Si non → passer à Q44

Q43 Avez-vous déjà utilisé votre carte Familles Nombreuses ailleurs que dans les transports ?

- o Oui
- o Non

QUESTIONS DIVERSES

Q44 Je vais maintenant vous demander de me donner une note entre 0 et 5 pour différentes propositions que je vais vous citer, 0 étant la note attribuée à la plus mauvaise formule.

Imaginons que l'Etat veuille prendre des mesures sociales pour favoriser les déplacements. Il hésite entre plusieurs possibilités.

Quelle note donneriez vous à :

- o une carte pour le train offrant des réductions billet par billet : __
- o une somme d'argent pour acheter des billets de train : __
- o une somme d'argent pour pouvoir se déplacer, par exemple pour acheter de l'essence, prendre l'avion : __
- o une somme d'argent et vous en faites ce que vous voulez, comme l'allocation logement : __

Q45 Comment ces aides devraient-elles être financées ? (2 réponses maximum)

- o Par les entreprises
- o Par les entreprises ferroviaires
- o Par les impôts (Etat)
- o Par les services sociaux des collectivités territoriales
- o Par chaque voyageur qui paierait un peu plus cher le prix de son billet de train

Q46 Selon vous, ces mesures devraient :

- o être proposées au niveau de l'Etat et s'appliquer sur tout le territoire
- o être proposées par les régions et s'appliquer régionalement

Q47 A votre avis, ces aides devraient-elles être soumises à condition de ressources ?

- o oui

- non
- ne sait pas / n'a pas d'avis*

Q48 Selon vous, un billet de train pour une destination déterminée devrait-il toujours coûter le même prix quelle que soit l'heure de départ ?

- oui
- non
- ne sait pas / n'a pas d'avis*

Q49 Selon vous, si deux trajets font le même nombre de kilomètres, le prix des billets de train devrait-il être le même ?

- oui
- non
- ne sait pas / n'a pas d'avis*

Q50 A votre avis, l'ouverture à la concurrence du secteur ferroviaire ferait-elle baisser les prix ?

- oui
- non
- Ne sait pas / N'a pas d'avis*

Q51 A votre avis, l'ouverture à la concurrence du secteur ferroviaire améliorerait-elle la qualité du service ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas / N'a pas d'avis*

Q52 A votre avis, l'ouverture à la concurrence du secteur ferroviaire remettrait-elle en cause les tarifs sociaux ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas / N'a pas d'avis*

POUR MIEUX VOUS CONNAITRE

Pour finir, je vais vous poser quelques questions pour mieux vous connaître.

Q53 Vous êtes un(e)

- Homme
- Femme

Q54 Quelle est votre année de naissance ?

Q55 Quelle est votre situation familiale ?

- Marié (e)
- Pacsé (e)
- Concubin (e)
- Célibataire
- Séparé (e) ou divorcé (e)
- Veuf (ve)
- Autre, précisez _____

Q56 Combien de personnes habitent votre foyer, y compris vous :

- Nombre d'adultes : _____
- Nombre d'enfants : _____
- Dont enfants de moins de 12 ans : _____
- dont enfant âgés de 12 à 18 ans : _____

Q57 Est-ce que tous vos enfants sont issus de votre union actuelle ?

- Oui
- Non

Si réponse négative → en déduire qu'il s'agit d'une famille recomposée

Q58 Quelle est votre activité professionnelle ? (Laisser répondre puis recoder)

-
- Agriculteur
 - Artisans, commerçants, chef d'entreprise
 - Cadre et professions intellectuelles supérieures (profession libérale, cadre, professeur, ingénieur)
 - Professions intermédiaires (professeur des écoles, instituteur et professions assimilées, technicien, contremaître, agent de maîtrise, clergé)
 - Employé
 - Ouvrier
 - Militaire
 - Retraité
 - Apprenti / formation en alternance
 - Chômeur, demandeur d'emploi
 - Au foyer

Si célibataire, séparé(e), divorcé(e), veuf(ve) → passez à Q60

Q59 Quelle est l'activité professionnelle de votre conjoint ? (Laisser répondre puis recoder)

-
- Agriculteur
 - Artisans, commerçants, chef d'entreprise
 - Cadre et professions intellectuelles supérieures (profession libérale, cadre, professeur, ingénieur)
 - Professions intermédiaires (professeur des écoles, instituteur et professions assimilées, technicien, contremaître, agent de maîtrise, clergé)
 - Employé
 - Ouvrier
 - Militaire

- Retraité
- Apprenti /formation en alternance
- Chômeur, demandeur d'emploi
- Au foyer

Q60 Vous travaillez ou avez travaillé

- Dans le privé
- Dans le secteur public
- Les deux

Q61 En comptant les salaires et les différentes aides perçues, quel est le montant du revenu mensuel net de votre foyer ? (Laisser répondre. Si la personne hésite, citer les intervalles)

-
- Moins de 1000 € (- 6 500 FRF)
 - Entre 1000 et 2000 € (entre 6 500 FRF et 13 000 FRF)
 - Entre 2000 et 3000 € (entre 13 000 et 20 000 FRF)
 - Entre 3000 et 4000 € (entre 20 000 et 26 000 FRF)
 - Entre 4000 et 5000 € (entre 26 000 et 33 000 FRF)
 - Entre 5000 et 6000 € (entre 33 000 et 40 000 FRF)
 - Plus de 6000 € (plus de 40 000 FRF)
 - Ne sait pas
 - Ne veut pas répondre

Q62 Vous habitez toujours _____

- oui
- non

Si non → Dans quelle ville habitez-vous ?

Dans quel département se situe cette ville ?

Je vous remercie d'avoir participé à ce questionnaire et vous souhaite une bonne fin de journée.

QUESTIONNAIRE 2

« LES BENEFICIAIRES DE LA CARTE FAMILLES NOMBREUSES QUI NE VOYAGENT PAS »

Vous ne voyagez ni en train à réservation obligatoire, ni en TER.

Q0ter Pourquoi ne voyagez-vous pas en train alors que vous disposez d'une carte Familles Nombreuses ?

- C'est mon conjoint qui utilise le plus souvent la carte Familles Nombreuses
- Ce sont mes enfants qui utilisent le plus souvent la carte Familles Nombreuses
- Autre, précisez _____

Nous allons maintenant parler des déplacements de vos enfants de moins de 18 ans

Je vous précise qu'un voyage est un trajet simple. Nous parlons ici de l'ensemble des voyages en train de vos enfants, quel que soit le type de train (trains à réservation obligatoire, TER, Transilien, etc.)

Q18 Vos enfants voyagent-ils sans vous et sans votre conjoint ?

- Oui, toujours
- Oui, souvent
- Oui, parfois
- Non, jamais

Si Non → passer à Q21

Q19 Pour quel motif voyagent-ils le plus souvent quand ils voyagent sans vous ? (Laisser répondre, puis recoder)

- visite à leur père / mère (selon que l'on interroge la mère ou le père)
- loisir / vacances
- études
- autre, précisez _____

Q20 Avec quel tarif voyagent-ils le plus souvent quand ils voyagent sans vous ?

- le tarif Familles Nombreuses
- un autre tarif, précisez _____

A présent, je vais vous poser des questions sur les différents tarifs que vous pouvez utiliser pour voyager en train.

Q34 Savez-vous qu'il existe deux types de tarifs à la SNCF : des tarifs commerciaux et des tarifs sociaux ?

- Oui
- Non

Q35 Selon vous, le tarif Familles Nombreuses est-il un tarif commercial ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas

Q36 Je vais maintenant vous énoncer plusieurs propositions sur ce que pourrait être un tarif social et vous me direz si vous êtes : pas du tout d'accord, pas vraiment d'accord, plutôt d'accord ou entièrement d'accord.

Enquêteur

Pour Q36.1 à Q37.3, énoncer les propositions comme suit :

« Si je vous dis qu'un tarif social est vous êtes pas du tout d'accord, »

Q36.1 Un tarif social est un tarif particulièrement avantageux pour son prix bas

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- Ne sait pas / Ne veut pas répondre

Q36.2 Un tarif social est un tarif financé par une autorité publique

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- Ne sait pas / Ne veut pas répondre

Q36.3 Un tarif social pour voyager en train devrait tenir compte des revenus du foyer

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- Ne sait pas / Ne veut pas répondre

Q36.4 Un tarif social est un tarif utilisable à tous moments sans aucune restriction

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- *Ne sait pas / Ne veut pas répondre*

Q37 Je vais vous énoncer plusieurs propositions concernant la carte Familles Nombreuses et vous me direz si vous êtes : pas du tout d'accord, pas vraiment d'accord, plutôt d'accord ou entièrement d'accord.

Q37.1 La carte Familles Nombreuses récompense les familles d'avoir fait des enfants

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- *Ne sait pas / Ne veut pas répondre*

Q37.2 La carte Familles Nombreuses est indispensable aux familles nombreuses pour voyager

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- *Ne sait pas / Ne veut pas répondre*

Q37.3 Il y a d'autres tarifs plus avantageux pour voyager en train que la carte Familles Nombreuses

- Pas du tout d'accord
- Pas vraiment d'accord
- Plutôt d'accord
- Entièrement d'accord
- *Ne sait pas / Ne veut pas répondre*

En fait la carte Familles Nombreuses est un tarif social

Q38 Savez-vous que les tarifs sociaux - et donc le tarif Familles Nombreuses - sont imposés par l'Etat à la SNCF ?

- Oui
- Non

Q39 Savez-vous qu'une partie de votre voyage est financée par l'Etat, quand vous voyagez en train avec votre carte Familles Nombreuses?

- Oui
- Non

Q42 Depuis quelques mois, vous pouvez utiliser votre carte Familles Nombreuses ailleurs qu'à la SNCF (dans la grande distribution, l'hôtellerie, la restauration, les loisirs, etc.).Le savez-vous?

- Oui
- Non

Si non → passer à Q44

Q43 Avez-vous déjà utilisé votre carte Familles Nombreuses ailleurs que dans les transports ?

- Oui
- Non

QUESTIONS DIVERSES

Q44 Je vais maintenant vous demander de me donner une note entre 0 et 5 pour différentes propositions que je vais vous citer, 0 étant la note attribuée à la plus mauvaise formule.

Imaginons que l'Etat veuille prendre des mesures sociales pour favoriser les déplacements. Il hésite entre plusieurs possibilités.

Quelle note donneriez vous à :

- une carte pour le train offrant des réductions billet par billet : __
- une somme d'argent pour acheter des billets de train : __
- une somme d'argent pour pouvoir se déplacer, par exemple pour acheter de l'essence, prendre l'avion : __
- une somme d'argent et vous en faites ce que vous voulez, comme l'allocation logement : __

Q45 Comment ces aides devraient-elles être financées ? (2 réponses maximum)

- Par les entreprises
- Par les entreprises ferroviaires
- Par les impôts (Etat)
- Par les services sociaux des collectivités territoriales
- Par chaque voyageur qui paierait un peu plus cher le prix de son billet de train

Q46 Selon vous, ces mesures devraient :

- être proposées au niveau de l'Etat et s'appliquer sur tout le territoire
- être proposées par les régions et s'appliquer régionalement

Q47 A votre avis, ces aides devraient-elles être soumises à condition de ressources ?

- oui
- non
- ne sait pas / n'a pas d'avis

Q48 Selon vous, un billet de train pour une destination déterminée devrait-il toujours coûter le même prix quelle que soit l'heure de départ ?

- oui
- non
- ne sait pas / n'a pas d'avis

Q49 Selon vous, si deux trajets font le même nombre de kilomètres, le prix des billets de train devrait-il être le même ?

- oui
- non
- ne sait pas / n'a pas d'avis

Q50 A votre avis, l'ouverture à la concurrence du secteur ferroviaire ferait-elle baisser les prix ?

- oui
- non
- Ne sait pas / N'a pas d'avis

Q51 A votre avis, l'ouverture à la concurrence du secteur ferroviaire améliorerait-elle la qualité du service ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas / N'a pas d'avis

Q52 A votre avis, l'ouverture à la concurrence du secteur ferroviaire remettrait-elle en cause les tarifs sociaux ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas / N'a pas d'avis

POUR MIEUX VOUS CONNAITRE

Pour finir, je vais vous poser quelques questions pour mieux vous connaître.

Q53 Vous êtes un(e)

- Homme
- Femme

Q54 Quelle est votre année de naissance ?

Q55 Quelle est votre situation familiale ?

- Marié (e)
- Pacsé (e)
- Concubin (e)
- Célibataire
- Séparé (e) ou divorcé (e)
- Veuf (ve)
- Autre, précisez _____

Q56 Combien de personnes habitent votre foyer, y compris vous :

- Nombre d'adultes : _____
- Nombre d'enfants : _____
- Dont enfants de moins de 12 ans : _____
- dont enfant âgés de 12 à 18 ans : _____

Q57 Est-ce que tous vos enfants sont issus de votre union actuelle ?

- Oui
- Non

Si réponse négative → en déduire qu'il s'agit d'une famille recomposée

Q58 Quelle est votre activité professionnelle ? (Laisser répondre puis recoder)

- Agriculteur
- Artisans, commerçants, chef d'entreprise
- Cadre et professions intellectuelles supérieures (profession libérale, cadre, professeur, ingénieur)
- Professions intermédiaires (professeur des écoles, instituteur et professions assimilées, technicien, contremaître, agent de maîtrise, clergé)
- Employé
- Ouvrier
- Militaire
- Retraité
- Apprenti / formation en alternance
- Chômeur, demandeur d'emploi
- Au foyer

Si célibataire, séparé(e), divorcé(e), veuf(ve) → passez à Q60

Q59 Quelle est l'activité professionnelle de votre conjoint ? (Laisser répondre puis recoder)

- Agriculteur
- Artisans, commerçants, chef d'entreprise
- Cadre et professions intellectuelles supérieures (profession libérale, cadre, professeur, ingénieur)
- Professions intermédiaires (professeur des écoles, instituteur et professions assimilées, technicien, contremaître, agent de maîtrise, clergé)
- Employé
- Ouvrier
- Militaire
- Retraité
- Apprenti / formation en alternance
- Chômeur, demandeur d'emploi
- Au foyer

Q60 Vous travaillez ou avez travaillé

- Dans le privé
- Dans le secteur public
- Les deux

Q61 En comptant les salaires et les différentes aides perçues, quel est le montant du revenu mensuel net de votre foyer ? (Laisser répondre. Si la personne hésite, citer les intervalles)

-
- Moins de 1000 € (- 6 500 FRF)
 - Entre 1000 et 2000 € (entre 6 500 FRF et 13 000 FRF)
 - Entre 2000 et 3000 € (entre 13 000 et 20 000 FRF)
 - Entre 3000 et 4000 € (entre 20 000 et 26 000 FRF)
 - Entre 4000 et 5000 € (entre 26 000 et 33 000 FRF)
 - Entre 5000 et 6000 € (entre 33 000 et 40 000 FRF)
 - Plus de 6000 € (plus de 40 000 FRF)
 - Ne sait pas
 - Ne veut pas répondre

Q62 Vous habitez toujours _____

- oui
- non

Si non → Dans quelle ville habitez-vous ?

Dans quel département se situe cette ville ?

Je vous remercie d'avoir participé à ce questionnaire et vous souhaite une bonne fin de journée

Annexe 5 – Données chiffrées pour le calcul de surplus financier de la SNCF parmi les personnes interrogées dans l'enquête préférences déclarées.

Nous proposons aux porteurs actuels de carte Familles Nombreuses des CF sur lesquelles nous ajoutons des contraintes relatives à l'anticipation de réservation du billet, à l'obligation de voyager avec au moins un enfant et à la période de voyage. Pour estimer les effets financiers de la mise en place de ces cartes, nous devons connaître le prix moyen payé par le client selon l'anticipation de réservation et la période de voyage (période normale ou période de pointe, que nous avons repris dans nos simulations sous le terme de pointe-croix), ainsi que la valorisation de la condition de voyager avec au moins un enfant.

Les données statistiques utilisées proviennent de la base de trafic SNCF (ARISTOTE).

Données statistiques sur le tarif Familles Nombreuses

Le tableau suivant reprend le trafic, les recettes, et la compensation générés par le tarif Familles Nombreuses.

Figure 74 – Données statistiques tarif Familles Nombreuses sur TGV en 2008

	Familles Nombreuses 30%	Familles Nombreuses 40%	Familles Nombreuses 50%	Familles Nombreuses 75%	Total
Nombre de voyages	1 878 010	418 023	143 518	166 259	2 605 810
Recettes	83 941 418	15 619 831	4 197 674	2 369 828	106 128 751
Prix moyen payé	44,7	37,4	29,2	14,3	40,7
Taux compensation / voyage	8,6	9,1	11,2	18,5	9,4
Compensation	16 057 899	3 802 163	1 610 358	3 082 781	24 553 200

Source : SNCF, Extraction ARISTOTE, base TGV

La compensation du tarif Familles Nombreuses sur TGV a été déterminée de la manière suivante. Comme la compensation Grandes Lignes est devenue forfaitaire depuis 2001, pour être le plus proche possible de la réalité, nous ne pouvions pas utiliser le coefficient de compensation qui sert au calcul de la compensation théorique. Nous avons donc procédé de la manière suivante :

- nous sommes partis du montant global de compensation versée à Grandes Lignes par l'Etat pour l'année 2006, soit 84 millions d'euros ;
- nous avons pris la part de la compensation Familles Nombreuses dans la compensation théorique calculée par la SNCF, soit 37% ; cela donne une compensation Familles Nombreuses Grandes Lignes de 31,08 millions d'euros ;
- la compensation TGV est égale à 79% de la compensation Grandes Lignes, soit 24,55 millions d'euros ;
- la ventilation de la compensation entre les différents niveaux de réduction de la carte Familles Nombreuses est la suivante :
 - Familles Nombreuses 30% : 65% ;
 - Familles Nombreuses 40% : 15% ;

- Familles Nombreuses 50% : 7% ;
- Familles Nombreuses 75% : 13% ;
- ce qui aboutit à une compensation par voyage de :
 - Familles Nombreuses 30% : 8,55 euros ;
 - Familles Nombreuses 40% : 9,096 euros ;
 - Familles Nombreuses 50% : 11,22 euros ;
 - Familles Nombreuses 75% : 18,54 euros.

En moyenne, les porteurs de carte Familles Nombreuses réalisent :

- 3,5 voyages parmi les porteurs qui déclarent utiliser effectivement leur carte (75% des personnes interrogées) sur le réseau principal SNCF ;
- 2,7 voyages par porteur sur l'ensemble des porteurs et sur le réseau principal ;
- 1,6 voyage par porteur sur TGV parmi ceux qui déclarent utiliser effectivement leur carte ;
- 1,2 voyage par porteur pour l'ensemble des porteurs.

La réduction moyenne offerte par le Familles Nombreuses selon le niveau de réduction et la classe de voiture est donnée dans le tableau suivant.

Figure 75 – Réduction moyenne accordée par le tarif Familles Nombreuses sur TGV

	Taux de réduction moyen
Familles Nombreuses 30% 1ère classe	13%
Familles Nombreuses 30% 2ème classe	33%
Familles Nombreuses 30%	30%
Familles Nombreuses 40% 1ère classe	20%
Familles Nombreuses 40% 2ème classe	44%
Familles Nombreuses 40%	41%
Familles Nombreuses 50% 1ère classe	26%
Familles Nombreuses 50% 2ème classe	54%
Familles Nombreuses 50%	51%
Familles Nombreuses 75% 1ère classe	41%
Familles Nombreuses 75% 2ème classe	77%
Familles Nombreuses 75%	75%
Familles Nombreuses	35%

Source : SNCF, Extractions ARISTOTE, base TGV

Le fait qu'en 1^{ère} classe, la réduction moyenne soit inférieure au taux affiché vient du fait que la réduction Familles Nombreuses ne s'applique qu'en 2^{ème} classe. Le tarif peut être utilisé en 1^{ère}. Le voyageur verra sa réduction calculée sur le prix de 2^{ème} et devra payer en plus la différence entre le prix plein tarif 1^{ère} classe et le prix plein tarif 2^{ème} classe. Cette mesure a été mise en place en 1981 pour tenter de limiter l'usage professionnel de la carte Familles Nombreuses.

Le prix moyen payé par un voyageur utilisant les tarifs commerciaux est de 47€.

Prix moyen payé selon le moment d'achat du billet

Les chiffres relatifs à l'anticipation proviennent d'une extraction sur un ensemble de 24 OD TGV qui représentent un peu plus de 50% du trafic TGV global en voyages. Les informations que nous trouvons dans cette extraction sont les suivantes :

- les 24 OD ;
- le tarif et les différents niveaux de réduction ;

- la classe de voiture ;
- les Voyageurs-kilomètres ;
- les voyages *via* le nombre de réservations ;
- les recettes
- la date de vente ;
- la date d'achat du billet⁷⁶.

Les 24 OD sont les suivantes (dans un sens et dans l'autre) au départ de Paris vers Aix en Provence, Avignon, Lille, Metz, Nancy, Reims, Strasbourg, Dijon, Grenoble, Lyon, Marseille, Montpellier, Toulon, Angers Saint Laud, Bordeaux, Le Mans, Nantes, Poitiers, Rennes, Saint Pierre des Corps, Arras et Lyon-Marseille.

Les tarifs retenus sont les suivants : les abonnements TGV, le forfait Bambin, le Pass Entreprises, les cartes commerciales 12-25, Enfant +, Escapades et Senior, les billets Easyprime, Optiprime et Miniprime, les tarifs Eurail Pass, Eurostar, France Pass, Interail, Rail Plus, Rail Pass, les Billet RIT, les billets pour les groupes, les tarifs promotionnels et événements grandes lignes, les tarifs très réduits : Prem's, prix internet creux et dégriffés, les prix négociés, les tarifs des Tour Operator, l'abonnement Fréquence, les tarifs Loisirs réduits, le tarif Loisir normal, le plein tarif et le tarif Affaires. Tous ces tarifs sont commerciaux. Nous n'avons, en revanche, pas pris en compte les autres tarifs sociaux (abonnements étudiants et de travail, billet populaire de congé annuel, tarif pour les accompagnateurs de personnes handicapées civiles, réformés de guerre, permis de visite aux tombes, promenades d'enfants), le tarif militaire, les tarifs pour le personnel SNCF et les tarifs destinés au personnel politique français.

Concernant la date d'achat du billet, d'un point de vue pratique, il n'est pas possible de connaître dans ARISTOTE avec quelle anticipation les voyageurs achètent leur billet. Le logiciel dispose d'agrégats concernant la date de vente des billets et de circulation des trains et, pour chacune d'elles, il est possible de savoir combien de billets ont été vendus/utilisés, à quel tarif, classe, période, train, destination, les recettes, les voyages, les Vk, etc. Pour connaître l'anticipation, l'analyste doit, pour une date de circulation donnée, extraire chaque jour le nombre de billets ont été vendus pour cette date.

Nous avons travaillé sur ces éléments pour une journée donnée de voyage, le 4 novembre 2008. Il s'agit d'une journée de semaine assez neutre qui nous permet d'éviter les moments de pointe.

Le prix moyen payé avec le tarif Familles Nombreuses est assez stable dans le temps et est presque toujours le même puisque la réduction Familles Nombreuses est fixée une fois pour toutes quel que soit le moment de voyage ou d'achat du billet. Les variations observées sont dues au taux de remplissage du train plus ou moins

⁷⁶ D'un point de vue pratique, il n'est pas possible de connaître dans ARISTOTE avec quelle anticipation les voyageurs achètent leur billet. Le logiciel dispose d'agrégats concernant la date de vente des billets et de circulation des trains et pour chacune d'elles il est possible de savoir combien de billets ont été vendus/utilisés, à quel tarif, classe, période, train, destination, les recettes, les voyages, les Vk, etc. Pour connaître l'anticipation, l'analyste doit, pour une date de circulation donnée, extraire chaque jour combien de billets ont été vendus pour cette date.

important et rapide selon les périodes et au prix moyen des différentes OD. Pour les tarifs commerciaux (en violet), nous observons que plus on se rapproche du jour du départ du train, plus le prix moyen payé augmente, le bénéfice de prix très réduits étant soumis à une forte contrainte d'anticipation.

Le tableau suivant donne le prix moyen payé selon le tarif utilisé et l'anticipation avec laquelle est réservé le billet. Ainsi, un client utilisant un tarif commercial et réservant 8 jours avant le départ du train pour le 4 novembre 2008 paie en moyenne 54€.

Figure 76 – Prix moyen payé en euros selon l'anticipation de réservation et le tarif utilisé pour la journée du 4 novembre 2008

	Familles Nombreuses 30%	Familles Nombreuses 40%	Familles Nombreuses 50%	Familles Nombreuses 75%	Tarifs Commerciaux yc Plein Tarif
J-17	43	31	33	10	46
J-15	42	36	32	11	47
J-13	41	36	37	12	50
J-10	43	32	Nd	9	53
J-8	44	26	21	13	54
J-6	45	37	30	15	57
J-3	48	38	30	18	59
J-1	41	29	27	15	47
J	43	37	30	16	52

Source : SNCF, Extraction ARISTOTE, base TGV

A partir de ce tableau, nous estimons que la valorisation moyenne pour la SNCF de l'anticipation de réservation est de 0,68€ par jour d'anticipation pour la journée du 4 novembre.

Pour les CF que nous proposons, nous imposons par exemple aux voyageurs d'anticiper d'au moins 3 jours la réservation de leur voyage afin de bénéficier de leur réduction Familles Nombreuses. S'ils ne respectent pas cette contrainte, ils ne peuvent plus bénéficier de leur tarif social réduit. Comme nous ignorons le moment précis auquel ils réservent leur billet, nous supposons qu'ils réservent entre l'ouverture des ventes 90 jours avant le départ et 3 jours avant le départ. Dans ce cas, les prix moyens payés selon le tarif utilisé et le jour de circulation sont ceux donnés dans le tableau suivant :

Figure 77 – Prix moyen payé en euros entre J-90 et J-... pour la journée du 4 novembre 2008 selon le tarif utilisé

	Familles Nombreuses 30%	Familles Nombreuses 40%	Familles Nombreuses 50%	Familles Nombreuses 75%	Tarifs Commerciaux
entre J-90 et J-20	43	35	28	14	36
entre J-90 et J-17	43	35	29	13	37
entre J-90 et J-15	43	35	29	13	38
entre J-90 et J-13	42	35	32	13	39
entre J-90 et J-10	43	35	31	12	41
entre J-90 et J-8	43	34	29	12	43
entre J-90 et J-6	43	35	29	13	45
entre J-90 et J-3	44	36	29	14	49
entre J-90 et J-1	44	35	29	14	48
entre J-90 et J	44	36	29	15	49

Les personnes qui refusent la carte proposée vont réserver leur billet entre 3 jours avant le départ et le jour du départ ; elles utiliseront nécessairement un tarif commercial, leur tarif social n'étant plus utilisable à ce moment-là. Dans ce cas-là et pour une circulation le 4 novembre 2008, le prix moyen payé par un voyageur utilisant un tarif commercial est de 55,2 euros.

Figure 78 – Prix moyen payé avec les tarifs commerciaux entre le jour de réservation imposé et le jour du départ

Prix moyen payé avec les tarifs commerciaux	
entre J-15 et J	54,5
entre J-13 et J	54,8
entre J-10 et J	55,2
entre J-8 et J	55,4
entre J-6 et J	55,6
entre J-3 et J	55,2
entre J-1 et J	51,7

Prix moyen payé selon la période de voyage

Au-delà de l'anticipation, le prix est également fonction de la période de voyage. Il varie selon que le déplacement a lieu en période normale ou en période de pointe. Le décret du 22 juillet 1994, repris au cahier des charges de la SNCF (articles 14 à 17), fixe les règles que la SNCF doit respecter concernant les tarifs et la répartition des trains dans le temps⁷⁷. Mais ces règles ne s'appliquent pas vraiment aux prix TGV pour lesquels la SNCF dispose d'une liberté tarifaire assez large.

Nous avons donc également besoin des prix moyens payés selon la période de voyage (appelée nuancement à la SNCF), c'est-à-dire en période normale et en période de pointe. Nous pouvons extraire ce chiffre sur une année complète (2008) ou sur la journée du 4 novembre que nous avons retenue pour le travail sur l'anticipation.

Sur la journée du 4 novembre 2008 et sur les 24 OD précitées, la répartition du trafic et le prix moyen payé selon la période de voyage (période normale ou période de pointe), sont donnés dans le tableau suivant pour le tarif Familles Nombreuses et pour l'ensemble des tarifs commerciaux (y compris le plein tarif).

⁷⁷ Sachant que le prix de base correspond toujours au prix plein tarif 2^{ème} classe période normale, les règles sont les suivantes :

- pour un voyage en 2^{ème} classe, le prix le plus élevé incluant la modulation temporelle (période de pointe), appliqué sur une relation, ne peut être supérieur de plus de 50% sur les trains pour lesquels le prix de base applicable sur cette même relation est le moins élevé (période normale) ;
- le nombre de trains pour lesquels le prix du voyage est calculé selon le tarif de base de la relation (c'est-à-dire le prix plein tarif 2^{ème} classe période normale) doit être égal à : au moins 40% du nombre total des trains sur une semaine ne comportant pas de jour de pointe exceptionnel et au moins 10% des trains circulant entre le vendredi 12h et le samedi 12h, et entre le dimanche 12h et le lundi 12h.

Figure 79 – Prix moyen payé et répartition du trafic (en voyages) selon la période de voyage et le type de tarif utilisé, journée du 4 novembre 2008, 24 principales OD TGV

		1ère classe			2ème classe			Total			Période de Pointe - Période normale
Type de tarif		Période de Pointe	Période Normale	Total	Période de Pointe	Période Normale	Total	Période de Pointe	Période Normale	Total	
<i>Prix moyen</i>	Familles Nombreuses 30%	85,2	74,6	79,7	58,7	27,1	38,6	62,7	31,8	43,5	30,8
	Familles Nombreuses 40%	49,8	109,3	74,1	42,4	23,5	30,6	43,5	29,6	35,2	13,9
	Familles Nombreuses 50%	65,2	58,1	61,7	35,7	20,8	26,6	38,7	23,3	29,5	15,4
	Familles Nombreuses 75%	50,4	50,6	50,5	26,6	6,6	12,5	28,6	8,2	14,5	20,4
	Familles Nombreuses	77,0	78,2	77,6	53,3	25,1	35,4	56,8	29,9	40,1	26,9
	Tarifs Commerciaux	76,7	59,6	67,3	56,9	27,2	38,4	63,0	35,3	46,3	27,8
Total	71,0	52,6	60,7	53,3	25,5	35,9	58,7	32,3	42,7	26,4	
<i>Répartition Trafic</i>	Familles Nombreuses 30%	48%	52%	100%	36%	64%	100%	38%	62%	100%	
	Familles Nombreuses 40%	59%	41%	100%	38%	62%	100%	40%	60%	100%	
	Familles Nombreuses 50%	50%	50%	100%	39%	61%	100%	40%	60%	100%	
	Familles Nombreuses 75%	50%	50%	100%	30%	70%	100%	31%	69%	100%	
	Familles Nombreuses	50%	50%	100%	37%	63%	100%	38%	62%	100%	
	Tarifs Commerciaux	45%	55%	100%	38%	62%	100%	40%	60%	100%	
	Total	44%	56%	100	38%	62%	100	39%	61%	100%	

Source : SNCF, Extraction ARISTOTE, Calculs de l'auteur

Ainsi, pour un voyageur utilisant un tarif commercial, le prix moyen payé en période de pointe est égal à 1,8 fois le prix payé en période normale. Pour un porteur de carte Familles Nombreuses, le prix moyen payé en période de pointe est égal à 1,9 fois le prix moyen payé en période normale, la dernière colonne du tableau donnant la différence de prix en € entre la période normale et la période de pointe.

Pour l'année 2008 complète, les données figurent dans le tableau suivant :

Figure 80 – Prix moyen payé et répartition du trafic (en voyages) selon la période de voyage et le type de tarif utilisé sur l'année 2008 toutes OD TGV

		1ère classe			2ème classe			Total			Période de Pointe - Période normale
Type de tarif		Période de Pointe	Période Normale	Total	Période de Pointe	Période Normale	Total	Période de Pointe	Période Normale	Total	
<i>Prix moyen</i>	Familles Nombreuses 30%	81,2	77,2	79,4	45,9	34,9	40,4	50,9	39,9	45,4	11,0
	Familles Nombreuses 40%	73,9	71,5	72,8	37,8	28,7	33,2	42,3	33,3	37,8	9,0
	Familles Nombreuses 50%	67,3	65,3	66,4	30,4	23,4	26,8	33,6	26,4	30,0	7,2
	Familles Nombreuses 75%	53,8	51,8	52,9	14,8	11,4	13,1	16,6	12,8	14,6	3,7
	Familles Nombreuses	78,9	75,3	77,3	41,6	31,5	36,5	46,4	36,2	41,4	10,2
	Tarifs Commerciaux	84,6	70,6	77,6	51,6	37,7	43,8	59,9	44,5	51,5	15,4
Total	59,4	51,1	55,3	39,8	31,4	35,3	45,0	35,9	40,2	9,1	
<i>Répartition Trafic</i>	Familles Nombreuses 30%	55%	45%	100%	50%	50%	100%	51%	49%	100%	
	Familles Nombreuses 40%	54%	46%	100%	50%	50%	100%	50%	50%	100%	
	Familles Nombreuses 50%	54%	46%	100%	49%	51%	100%	49%	51%	100%	
	Familles Nombreuses 75%	55%	45%	100%	48%	52%	100%	49%	51%	100%	
	Familles Nombreuses	55%	45%	100%	50%	50%	100%	50%	50%	100%	
	Tarifs Commerciaux	50%	50%	100%	44%	56%	100%	46%	54%	100%	
	Total	51%	49%	100%	47%	53%	100%	48%	52%	100%	

Source : SNCF, Extractions ARISTOTE, base TGV

Figure 81 – Prix moyen payé et répartition du trafic (en voyages) selon la période de voyage et le type de tarif utilisé pour la journée du 4 novembre 2008 toutes OD TGV




	Type de tarif	1ère classe			2ème classe			Total			Période de Pointe - Période normale
		Période de Pointe	Période Normale	Total	Période de Pointe	Période Normale	Total	Période de Pointe	Période Normale	Total	
<i>Prix moyen</i>	Familles Nombreuses 30%	80,1	74,2	76,9	45,1	33,7	37,8	49,3	37,1	41,6	12,2
	Familles Nombreuses 40%	70,4	70,8	70,6	38,3	27,0	30,8	42,1	30,1	34,3	12,0
	Familles Nombreuses 50%	61,3	64,3	63,1	30,3	22,0	25,0	32,9	25,0	27,9	7,9
	Familles Nombreuses 75%	51,2	47,9	49,6	14,0	11,2	12,1	16,3	12,1	13,5	4,2
	Familles Nombreuses	77,0	72,7	74,7	41,8	30,7	34,6	45,8	33,9	38,2	11,9
	Tarifs Commerciaux	71,0	60,8	65,0	47,4	34,9	39,1	54,6	41,3	46,0	13,3
	Total	64,2	52,7	57,2	40,9	31,5	34,8	47,5	36,6	40,6	10,9
<i>Répartition Trafic</i>	Familles Nombreuses 30%	45%	55%	100%	36%	64%	100%	37%	63%	100%	
	Familles Nombreuses 40%	47%	53%	100%	34%	66%	100%	35%	65%	100%	
	Familles Nombreuses 50%	40%	60%	100%	36%	64%	100%	36%	64%	100%	
	Familles Nombreuses 75%	52%	48%	100%	31%	69%	100%	32%	68%	100%	
	Familles Nombreuses	45%	55%	100%	35%	65%	100%	36%	64%	100%	
	Tarifs Commerciaux	41%	59%	100%	34%	66%	100%	36%	64%	100%	
	Total	40%	60%	100%	35%	65%	100%	36%	64%	100%	

Source : SNCF, Extractions ARISTOTE, base TGV






Annexe 6 – Exemple de scénario testé lors des *focus* groupes

Vous devez vous rendre de Toulouse à Montauban. Pour se faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez vous ?



Voiture	
	45 minutes de voiture
	Le trajet coûte 8 € (essence et péage)
	Compte tenu du trafic il est possible que vous preniez un retard de 15 min.



Train	
	40 minutes de train
	Le billet coûte 7,5 €
	Les trains passent toutes les 15 min.
	Les trains passent chaque heure aux mêmes horaires
	Il est certain que le train arrive à l'heure

MON CHOIX

Dans quelle mesure utiliseriez vous plutôt le train ou la voiture pour ce déplacement ?

Voiture	Sûrement la voiture _____ Sûrement le train					Train
	1	2	3	4	5	

Annexe 7 – Valeurs de départ des attributs selon le déplacement considéré - Voiture

Commune d'origine	Commune de destination	Distance (Km)	Distance (Km) (Certu)	Temps VP (min)	Prix Péage VP (€)	Prix Carburant VP (€)	Prix VP (€)
AUCAMVILLE	LAVOUR	31,5	37,8	27,8	1,3	3,4	4,7
BALMA	ALBI	61,8	74,2	54,6	1,3	6,7	8
BALMA	CASTELNAU D'ESTRETEFONDS	23,9	28,6	21,1	1,4	2,6	4
BALMA	COUFOULEUX	27,9	33,5	24,7	1,3	3	4,3
BALMA	GRISOLLES	29,2	35	25,8	1,8	3,2	4,9
BALMA	MONTAUBAN	47,1	56,5	41,6	2,8	5,1	7,9
BALMA	PARISOT	33,4	40,1	29,5	1,3	3,6	4,9
BALMA	RABASTENS	31,3	37,5	27,6	1,3	3,4	4,7
BALMA	SAINT JORY	18,9	22,6	22,6	1,1	2	3,2
BALMA	SAINT LIEUX LES LAVOUR	25,5	30,6	22,5	1,3	2,8	4,1
BALMA	SAINT SAUVEUR	17,7	21,3	21,3	1,1	1,9	3
BALMA	VILLEMUR SUR TARN	27,5	33,1	24,3	1,7	3	4,6
BLAGNAC	ALBI	68,8	82,6	60,8	1,3	7,4	8,7
BLAGNAC	CAHORS	90,8	108,9	80,2	5,4	9,8	15,3
BLAGNAC	CAUSSADE	59,1	71	52,2	3,5	6,4	9,9
BLAGNAC	LAVOUR	35,7	42,9	31,6	1,3	3,9	5,2
BLAGNAC	MONTAUBAN	42,4	50,9	37,5	2,5	4,6	7,1
BLAGNAC	SAINT RUSTICE	18,5	22,1	22,1	1,1	2	3,1
COLOMIERS	ALBI	74	88,8	65,4	1,3	8	9,3
COLOMIERS	AMBRES	42,9	51,5	37,9	1,3	4,6	5,9
COLOMIERS	BRUGUIERES	14,4	17,3	17,3	0,9	1,6	2,4
COLOMIERS	CAHORS	94,2	113,1	83,3	5,7	10,2	15,8
COLOMIERS	CASTELNAU D'ESTRETEFONDS	20,4	24,5	24,5	1,2	2,2	3,4
COLOMIERS	CEPET	17,7	21,2	21,2	1,1	1,9	3
COLOMIERS	GAILLAC	56,4	67,7	49,8	1,3	6,1	7,4
COLOMIERS	LABASTIDE SAINT SERGIN	18,1	21,7	21,7	1,1	2	3
COLOMIERS	LAVOUR	40,5	48,6	35,7	1,3	4,4	5,7
COLOMIERS	MONTAUBAN	45,7	54,8	40,4	2,7	4,9	7,7
COLOMIERS	RABASTENS	41,3	49,5	36,5	1,3	4,5	5,8
COLOMIERS	RODEZ	130	156	114,8	1,3	14	15,3
COLOMIERS	SAINT JORY	14,4	17,3	17,3	0,9	1,6	2,4
COLOMIERS	VILLEMUR SUR TARN	30,6	36,7	27	1,8	3,3	5,1
CUGNAUX	ALBI	76,7	92,1	67,8	1,3	8,3	9,6
CUGNAUX	MONTBETON	52,6	63,2	46,5	3,2	5,7	8,8
CUGNAUX	SAINT SULPICE	36,7	44	32,4	1,3	4	5,3
DREMIL LAFAGE	FRONTON	34,4	41,2	30,4	2,1	3,7	5,8
GARIDECH	SAINT JORY	16,2	19,4	19,4	1	1,7	2,7
LABEGE	ALBI	65,7	78,8	58	1,3	7,1	8,4
LABEGE	CASTELNAU D'ESTRETEFONDS	31,5	37,8	27,9	1,9	3,4	5,3
LABEGE	FENOUILLET	19,5	23,3	23,3	1,2	2,1	3,3
LABEGE	GAGNAC SUR GARONNE	22,7	27,2	20,1	1,4	2,5	3,8
LABEGE	GRISOLLES	36,6	44	32,4	2,2	4	6,2
LABEGE	SAINT JORY	26,2	31,4	23,1	1,6	2,8	4,4
LABEGE	VERDUN SUR GARONNE	41,6	49,9	36,7	2,5	4,5	7
LAPEYROUSE FOSSAT	MONTAUBAN	37,3	44,7	32,9	2,2	4	6,3
L'UNION	ALBI	60,7	72,8	53,6	1,3	6,6	7,9
L'UNION	BESSENS	31,3	37,6	27,7	1,9	3,4	5,3

Commune d'origine	Commune de destination	Distance (Km)	Distance (Km) (Certu)	Temps VP (min)	Prix Péage VP (€)	Prix Carburant VP (€)	Prix VP (€)
L'UNION	CAHORS	89,5	107,4	79,1	5,4	9,7	15
L'UNION	CASTELNAU D'ESTRETEFONDS	19,2	23,1	23,1	1,2	2,1	3,2
L'UNION	CAUSSADE	56,6	67,9	50	3,4	6,1	9,5
L'UNION	FRONTON	24,2	29	21,4	1,5	2,6	4,1
L'UNION	GAGNAC SUR GARONNE	11,6	13,9	13,9	0,7	1,3	2
L'UNION	GAILLAC	43,6	52,3	38,5	1,3	4,7	6
L'UNION	GRAZAC	25,3	30,3	22,3	1,3	2,7	4
L'UNION	GRISOLLES	24,6	29,6	21,8	1,5	2,7	4,1
L'UNION	MONTAUBAN	42,3	50,8	37,4	2,5	4,6	7,1
L'UNION	MONTECH	39,9	47,9	35,3	2,4	4,3	6,7
L'UNION	SAINT JORY	14,5	17,4	17,4	0,9	1,6	2,4
L'UNION	SAINT JUERY	65,8	79	58,2	1,3	7,1	8,4
L'UNION	SAINT SULPICE	20,3	24,4	24,4	1,3	2,2	3,5
MONS	MONTAUBAN	48,8	58,5	43,1	2,9	5,3	8,2
MONTAUBAN	ALBI	62,5	75	55,2	1,3	6,8	8,1
MONTAUBAN	MONTASTRUC LA CONSEILLERE	38,1	45,7	33,6	1,3	4,1	5,4
PAULHAC	MONTAUBAN	33	39,6	29,1	2	3,6	5,5
PORTET SUR GARONNE	ALBIAS	62	74,4	54,7	3,7	6,7	10,4
PORTET SUR GARONNE	GAILLAC	58	69,6	51,3	1,3	6,3	7,6
PORTET SUR GARONNE	MONTAUBAN	54,9	65,9	48,5	3,3	5,9	9,2
PORTET SUR GARONNE	SAINT JORY	23,8	28,6	21,1	1,4	2,6	4
QUINT FONSEGRIVES	ALBI	61,7	74	54,5	1,3	6,7	8
QUINT FONSEGRIVES	MONTJOIRE	22	26,4	19,5	1,3	2,4	3,7
RAMONVILLE	ALBI	67,9	81,4	60	1,3	7,3	8,6
RAMONVILLE	BRESSOLS	47,2	56,7	41,7	2,8	5,1	7,9
RAMONVILLE	BRUGUIERES	20,9	25,1	18,5	1,3	2,3	3,5
RAMONVILLE	CASTELMAUROU	16,7	20	20	1,3	1,8	3,1
RAMONVILLE	FRONTON	35,4	42,5	31,3	2,1	3,8	6
RAMONVILLE	GRENADE	29,9	35,8	26,4	1,8	3,2	5
RAMONVILLE	LAVAU	31,6	37,9	27,9	1,3	3,4	4,7
RAMONVILLE	MONTECH	50,5	60,6	44,6	3	5,5	8,5
RAMONVILLE	SAINT JORY	24,1	28,9	21,3	1,4	2,6	4
ROUFFIAC TOLOSAN	BRUGUIERES	11,5	13,8	13,8	0,7	1,2	1,9
SAINT JEAN	CASTELNAU D'ESTRETEFONDS	18,9	22,7	22,7	1,1	2	3,2
SAINT JEAN	SAINT ETIENNE DE TULMONT	42,9	51,5	37,9	2,6	4,6	7,2
SAINT JORY	SAINT SULPICE	27,3	32,7	24,1	1,3	2,9	4,2
SAINT ORENS	ALBI	63,8	76,5	56,3	1,3	6,9	8,2
SAINT ORENS	BESSIERES	27	32,4	23,9	1,3	2,9	4,2
SAINT ORENS	ONDES	31,7	38	28	1,9	3,4	5,3
SAINT ORENS	SAINT JORY	25,3	30,4	22,4	1,5	2,7	4,3
SAINT ORENS	SAINT SAUVEUR	24,4	29,2	21,5	1,5	2,6	4,1
SAINT ORENS	SAVENES	41,6	50	36,8	2,5	4,5	7
TOULOUSE	ALBI	67,2	80,7	59,4	1,3	7,3	8,6
TOULOUSE	ALBIAS	53,9	64,7	47,6	3,2	5,8	9,1
TOULOUSE	ARTHES	75,8	90,9	67	1,3	8,2	9,5
TOULOUSE	AUCAMVILLE	27,1	32,5	24	1,6	2,9	4,6
TOULOUSE	AZAS	23,9	28,7	21,1	1,3	2,6	3,9
TOULOUSE	BESSIERES	24,8	29,8	21,9	1,3	2,7	4
TOULOUSE	BOULOC	21,8	26,1	19,2	1,3	2,4	3,7
TOULOUSE	BRENS	51,2	61,4	45,2	1,3	5,5	6,8

Commune d'origine	Commune de destination	Distance (Km)	Distance (Km) (Certu)	Temps VP (min)	Prix Péage VP (€)	Prix Carburant VP (€)	Prix VP (€)
TOULOUSE	BRIVE LA GAILLARDE	171,8	171,8	126,5	8,6	15,5	24,1
TOULOUSE	BRUGUIERES	14	16,8	16,8	0,8	1,5	2,4
TOULOUSE	BUZET SUR TARN	23,9	28,7	21,1	1,3	2,6	3,9
TOULOUSE	CAGNAC LES MINES	69,6	83,6	61,5	1,3	7,5	8,8
TOULOUSE	CAHORS	95,1	114,1	84	5,7	10,3	16
TOULOUSE	CASTELNAU DE LEVIS	64	76,8	56,5	1,3	6,9	8,2
TOULOUSE	CASTELNAU DE MONTMIRAL	52	62,4	45,9	1,3	5,6	6,9
TOULOUSE	CASTELNAU D'ESTRETEFONDS	22,6	27,1	19,9	1,4	2,4	3,8
TOULOUSE	CORBARIEU	38	45,6	33,5	2,3	4,1	6,4
TOULOUSE	COUFOULEUX	32,8	39,4	29	1,3	3,5	4,8
TOULOUSE	DIEUPENTALE	32,2	38,6	28,4	1,9	3,5	5,4
TOULOUSE	FINHAN	38,7	46,4	34,2	2,3	4,2	6,5
TOULOUSE	FLORENTIN	57,4	68,9	50,7	1,3	6,2	7,5
TOULOUSE	FRONTON	28,5	34,2	25,2	1,7	3,1	4,8
TOULOUSE	GAILLAC	50,6	60,7	44,7	1,3	5,5	6,8
TOULOUSE	GARGAS	17,8	21,4	21,4	1,3	1,9	3,2
TOULOUSE	GARIDECH	15,6	18,7	18,7	1,3	1,7	3
TOULOUSE	GIROUSSENS	34,9	41,9	30,8	1,3	3,8	5,1
TOULOUSE	GOURDON	126,6	151,9	111,8	7,6	13,7	21,3
TOULOUSE	GRAGNAGUE	15,4	18,5	18,5	1,3	1,7	3
TOULOUSE	GRATENTOUR	13,4	16,1	16,1	0,8	1,4	2,2
TOULOUSE	GRENADE	22,5	27	19,9	1,4	2,4	3,8
TOULOUSE	GRISOLLES	27,3	32,8	24,1	1,6	2,9	4,6
TOULOUSE	LABASTIDE SAINT PIERRE	36,6	43,9	32,3	2,2	3,9	6,1
TOULOUSE	LACOURT SAINT PIERRE	45	54,1	39,8	2,7	4,9	7,6
TOULOUSE	LAGRAVE	55,4	66,5	48,9	1,3	6	7,3
TOULOUSE	LAVAU	32,4	38,9	28,6	1,3	3,5	4,8
TOULOUSE	LESPINASSE	13,5	16,2	16,2	0,8	1,5	2,3
TOULOUSE	L'HONOR DE COS	57,3	68,8	50,6	3,4	6,2	9,6
TOULOUSE	LISLE SUR TARN	42,6	51,1	37,6	1,3	4,6	5,9
TOULOUSE	MAS GRENIER	38,8	46,6	34,3	2,3	4,2	6,5
TOULOUSE	MERVILLE	17,6	21,1	21,1	1,1	1,9	3
TOULOUSE	MONTANS	44,6	53,5	39,4	1,3	4,8	6,1
TOULOUSE	MONTASTRUC	57,5	69	50,8	3,5	6,2	9,7
TOULOUSE	MONTASTRUC LA CONSEILLERE	18,5	22,1	22,1	1,3	2	3,3
TOULOUSE	MONTAUBAN	47,2	56,7	41,7	2,8	5,1	7,9
TOULOUSE	MONTBARTIER	37	44,4	32,7	2,2	4	6,2
TOULOUSE	MONTECH	43,2	51,9	38,2	2,6	4,7	7,3
TOULOUSE	MONTJOIRE	21,3	25,6	18,8	1,3	2,3	3,6
TOULOUSE	NOHIC	32,1	38,6	28,4	1,9	3,5	5,4
TOULOUSE	ONDES	23,1	27,7	20,4	1,4	2,5	3,9
TOULOUSE	ORGUEIL	33,4	40	29,5	2	3,6	5,6
TOULOUSE	PARISOT	38,7	46,5	34,2	1,3	4,2	5,5
TOULOUSE	PAULHAC	20,3	24,4	24,4	1,3	2,2	3,5
TOULOUSE	PEYROLE	45,5	54,6	40,2	1,3	4,9	6,2
TOULOUSE	POMPIGNAN	25,7	30,8	22,7	1,5	2,8	4,3
TOULOUSE	RABASTENS	35,8	42,9	31,6	1,3	3,9	5,2
TOULOUSE	RODEZ	124,3	149,2	109,8	1,3	13,4	14,7
TOULOUSE	ROQUESERIERE	21,7	26,1	19,2	1,3	2,3	3,6
TOULOUSE	SAINT ALBAN	10,7	12,9	12,9	0,6	1,2	1,8

Commune d'origine	Commune de destination	Distance (Km)	Distance (Km) (Certu)	Temps VP (min)	Prix Péage VP (€)	Prix Carburant VP (€)	Prix VP (€)
TOULOUSE	SAINT ETIENNE DE TULMONT	49,9	59,9	44,1	3	5,4	8,4
TOULOUSE	SAINT JEAN LHERM	18,6	22,3	22,3	1,3	2	3,3
TOULOUSE	SAINT JORY	16,8	20,2	20,2	1	1,8	2,8
TOULOUSE	SAINT JUERY	72,3	86,8	63,9	1,3	7,8	9,1
TOULOUSE	SAINT RUSTICE	24	28,8	21,2	1,4	2,6	4
TOULOUSE	SAINT SAUVEUR	16,8	20,2	20,2	1	1,8	2,8
TOULOUSE	SAINT SULPICE	27,1	32,6	24	1,3	2,9	4,2
TOULOUSE	SAINTE CROIX	66	79,2	58,3	1,3	7,1	8,4
TOULOUSE	SALVAGNAC	40,9	49,1	36,1	1,3	4,4	5,7
TOULOUSE	TERSSAC	62,5	75	55,2	1,3	6,8	8,1
TOULOUSE	VACQUIERS	21,5	25,7	19	1,3	2,3	3,6
TOULOUSE	VERDUN SUR GARONNE	31,9	38,3	28,2	1,9	3,4	5,4
TOULOUSE	VERFEIL	21	25,2	18,5	1,3	2,3	3,6
TOULOUSE	VILLEMADE	54,4	65,3	48,1	3,3	5,9	9,1
TOULOUSE	VILLEMUR SUR TARN	29,1	34,9	25,7	1,7	3,1	4,9
TOULOUSE	VILLENEUVE LES BOULOC	20,2	24,2	24,2	1,2	2,2	3,4
TOURNEFEUILLE	MONTAUBAN	49,7	59,7	43,9	3	5,4	8,4
VALLESVILLES	SAINT JORY	28,9	34,6	25,5	1,7	3,1	4,8
VERFEIL	ALBI	47,3	56,8	41,8	1,3	5,1	6,4

Source : Réalisé par l'auteur

Annexe 8 – Liste des gares sur les axes ferroviaires étudiés

Gare de Destination	Axe	Gare de Destination	Axe
Albias	1	Albi	2
Brive la gaillarde	1	Alib Madelaine	2
Cahors	1	Baraqueville-Garcenac-Peyrales	2
Castelnau d'Estré	1	Carmaux	2
Caussade	1	Gaillac	2
Dieupentale	1	Gragnague	2
Fenouillet St Alban	1	Lisle du tarn	2
Gignac-gressenciac	1	Luc-Primaude	2
Gourdon	1	Marssac Tarn	2
Grisolles	1	Montrastruc la conseil.	2
Lalbenque-Fontanes	1	Montrabé	2
Montauban	1	Naucelle	2
Montbartier	1	Rabastens Couffouleux	2
St Jory	1	Rodez	2
Souillac	1	Roqueseriere-Buzet	2
Route de launaguet	1	St Sulpice	2
Lalande Eglise	1	Tessonnières	2
Lacourbensourt	1	Tanus	2

Source : Réalisé par l'auteur ;

nb :axe1 :Toulouse /Montauban, axe 2 :Toulouse /Albi

Annexe 9 – Valeurs de départ des attributs selon le déplacement considéré - Train

Gare de Destination	Temps de parcours moyen (min)	Prix plein tarif (€)	Axe
Albias	55	10	1
Brive la gaillarde	135	30	1
Cahors	70	16	1
Castelnau d'Estré	16	3,9	1
Caussade	55	11,3	1
Dieupentale	24	5,9	1
Fenouillet St Alban	12	2,1	1
Gignac-gressenciac	247	25	1
Gourdon	100	23	1
Grisolles	20	5	1
Lalbenque-Fontanes	78	13,9	1
Montauban	33	8,3	1
Montbartier	29	6,8	1
St Jory	11	3	1
Souillac	115	25	1
Route de launaguet	4	1,2	1
Lalande Eglise	7	1,3	1
Lacourbensourt	7	1,6	1
Albi	67	11,4	2
Alib Madelaine	67	11,4	2
Baraqueville-Carcenac-Peyrales	115	18,8	2
Carmaux	80	13,4	2
Gaillac	45	8,7	2
Gragnague	12	3,2	2
Lisle du tarn	40	7,5	2
Luc-Primaude	125	20,2	2
Marssac Tarn	63	10,3	2
Montrastruc la conseil.	18	3,8	2
Montrabé	8	1,9	2
Naucelle	100	17,1	2
Rabastens Couffouleux	33	6,6	2
Rodez	140	21,4	2
Roqueseriere-Buzet	25	4,6	2
St Sulpice	24	5,7	2
Tessonnières	56	9,2	2
Tanus	110	15,5	2

Source : Réalisé par l'auteur ;

nb :axe1 :Toulouse /Montauban, axe 2 :Toulouse /Albi

Annexe 10 – Questionnaire d’EPD – cas d’un utilisateur du train entre Toulouse et Albi

Madame

... ..
... ..

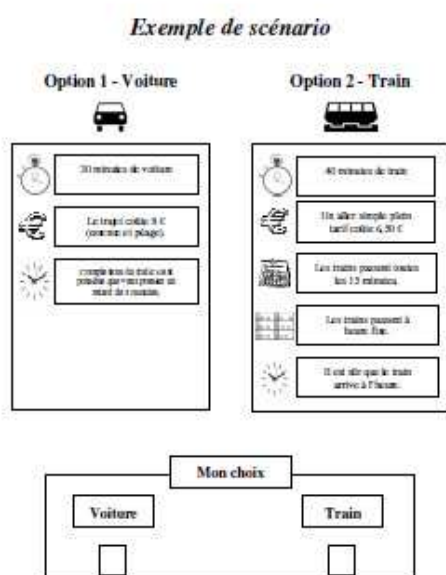
Vous avez été enquêté le jeudi 22 mars 2008 ou le mardi 1^{er} avril à la gare de Matabiau. Comme convenu, voici le questionnaire complémentaire. Merci d’y répondre, en prenant le temps de lire les instructions. Nous vous appellerons par téléphone dans quelques jours pour recueillir vos réponses.

Tout d’abord, merci de préciser quelques points concernant votre déplacement entre TOULOUSE et ALBI au cours duquel vous avez été interrogé.

1	Quel type de tarif avez-vous utilisé ?	Plein tarif					
		Abonnement travail, scolaire ou étudiant					
		Tarif réduit, sans carte payante (Prem's / Découverte / Famille nombreuse / Billet Congé annuel / Militaire)					
		Tarif réduit avec la carte Midi-Pyrénées Loisir					
		Tarif réduit, avec une autre carte payante (Carte Escapades / Carte Enfant / Carte 12/25 / Carte Senior / Forfait / Fréquence / Autre abonnement)					
		Carnet TER 10 coupons					
Autres :							
2	Quel type de billet de train avez-vous pris ?	Aller simple	Aller-retour	Autre (illimité...)			
3	Dans quelle classe avez-vous voyagé ?	1 ^o classe	2 ^o classe				
4	Quel est le prix de votre billet de train ou de votre abonnement ? €					
5	Le prix de ce déplacement est-il pris en charge par un tiers (employeur, etc.) ?	Oui	Non	En partie			
6		Si oui ou en partie, cela serait-il le cas pour le même déplacement en voiture ?					
6		Oui	Non	En partie			
7	Avez-vous déjà utilisé un autre mode de transport pour ce même déplacement ?	Oui	Non				
8	Si vous faisiez ce même déplacement en voiture, combien de temps cela vous prendrait-il ?h.....min					
9	Ce temps vous paraît :	Très long	Assez long	Correct	Assez court	Très court	Sans opinion
10	Disposeriez-vous d’un endroit pour stationner à votre point d’arrivée ?	Payant	Gratuit	Vous ne savez pas			

Nous allons vous présenter dans les pages suivantes 5 scénarios imaginaires. Pour chacun de ces scénarios, vous allez choisir de prendre soit la voiture, soit le train. Ce choix est à faire pour le déplacement sur lequel vous avez été enquêté. Dans la présente page, nous allons vous expliquer comment fonctionnent les scénarios. Les scénarios eux-mêmes se trouvent dans les 5 prochaines pages. Merci de lire d'abord les explications ci-dessous avant de passer aux scénarios dans les pages suivantes.

Pour effectuer votre déplacement, vous allez avoir à chaque fois le choix entre deux modes de déplacements qui seront décrits de la façon suivante :



- La voiture :**
- durée de votre déplacement porte à porte (ce temps ne comprend pas la recherche éventuelle d'une place de stationnement)
 - coût de votre déplacement (carburant et péages)
 - fiabilité du temps de parcours prévu
- Le train :**
- temps à bord du train à partir de Matabiau (ce temps ne comprend pas les accès à la gare de Matabiau et depuis la gare d'arrivée)
 - coût de votre déplacement (sur la base d'un aller simple plein tarif depuis la gare de Matabiau)
 - fréquence de passage des trains (par exemple, un train toutes les 20 minutes)
 - train à horaires fixes ou à horaires variables (voir explication* ci-dessous)
 - fiabilité du temps de parcours prévu

* Un train peut partir d'une gare :

- à horaires fixes (par exemple, 9h20, 9h50, 10h20, 10h50, etc.) ;
- à horaires variables (par exemple, 9h07, 9h36, 10h14, 10h44, etc.).

Vous pouvez voir ci-dessous deux grilles horaires différentes. A gauche, les trains passent à horaires fixes. A droite, ils passent à horaires variables. Dans les deux cas, le nombre de trains par heure ne change pas.

Les trains passent à horaires fixes.			
6h05	6h20	6h35	6h50
7h05	7h20	7h35	7h50
8h05	8h20	8h35	8h50
	9h20		9h50
	10h20		10h50
11h05	11h20	11h35	11h50
12h05	12h20	12h35	12h50

Les trains passent à horaires variables.			
6h03	6h18	6h33	6h48
7h05	7h10	7h22	7h55
	8h13	8h28	8h39 8h48
9h07		9h36	
	10h14		10h44
	11h12	11h28	11h39 11h53
12h03	12h18	12h33	12h48

De plus, lorsque les horaires sont fixes, la grille horaire est identique tous les jours et le temps de parcours entre deux gares est toujours le même.


Votre choix doit se faire pour le déplacement que vous effectuiez le jour où vous avez été enquêté : même motif (de votre domicile à votre travail, de vos études vers un lieu d'achats, etc.), mêmes horaires, mêmes impératifs (dépose d'une autre personne, bagages...), même tarif. *Par contre, si vous ne disposez pas d'une voiture, répondez comme si vous en aviez une à disposition.*


Veillez passer à la page suivante pour répondre aux 5 scénarios.


Scénario 1. Vous devez vous rendre de TOULOUSE à ALBI. Pour ce faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture, en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez-vous ?

Option 1 - Voiture




 59 minutes de voiture


 Le trajet coûte 6,00 € (essence et péage).


 Compte tenu du trafic, il est possible que vous preniez un retard de 15 minutes.


Option 2 - Train




 1h27 de train

 Un aller simple plein tarif coûte 14,80 €

 Les trains passent toutes 20 minutes.

 Les trains passent à horaires fixes.

 Il est certain que le train arrive à l'heure.

MON CHOIX


Voiture


Train


Scénario 2. Vous devez vous rendre de TOULOUSE à ALBI. Pour ce faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture, en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez-vous ?

Option 1 - Voiture




 1h17 de voiture


 Le trajet coûte 6.00 € (essence et péage).


 Compte tenu du trafic, il est possible que vous preniez un retard de 5 minutes.

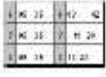
Option 2 - Train




 1h27 de train

 Un aller simple plein tarif coûte 14.80 €

 Les trains passent toutes 20 minutes.

 Les trains passent à horaires fixes.

 Il est certain que le train arrive à l'heure.

MON CHOIX

Voiture		Train	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Scénario 3. Vous devez vous rendre de TOULOUSE à ALBI. Pour ce faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture, en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez-vous ?

Option 1 - Voiture



1h17 de voiture

Le trajet coûte 8,60 € (essence et péage).

Compte tenu du trafic, il est possible que vous preniez un retard de 15 minutes.

Option 2 - Train



1h27 de train

Un aller simple plein tarif coûte 11,40 €

Les trains passent toutes les demi-heures.

Les trains passent à horaires variables.

Il est possible que le train arrive avec un retard de 5 minutes.

MON CHOIX

Voiture

Train

Scénario 4. Vous devez vous rendre de TOULOUSE à ALBI. Pour ce faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture, en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez-vous ?

Option 1 - Voiture



59 minutes de voiture

Le trajet coûte 11.10 €
(essence et péage).

Compte tenu du trafic, il est possible que vous preniez un retard de 15 minutes.

Option 2 - Train



1h07 de train

Un aller simple plein tarif coûte 14.80 €

Les trains passent tous les quarts d'heure.

Les trains passent à horaires fixes.

Il est possible que le train arrive avec un retard de 5 minutes.

MON CHOIX

Voiture

Train

Scénario 5. Vous devez vous rendre de TOULOUSE à ALBI. Pour ce faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture, en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez-vous ?

Option 1 - Voiture



1h17 de voiture

Le trajet coûte 6.00 € (essence et péage).

Compte tenu du trafic, il est possible que vous preniez un retard de 5 minutes.

Option 2 - Train



1h07 de train

Un aller simple plein tarif coûte 14.80 €

Les trains passent tous les quarts d'heure.

10	25	40	55
20	35	50	05
30	45	00	15

Les trains passent à horaires fixes.

Il est possible que le train arrive avec un retard de 5 minutes.

MON CHOIX

Voiture

Train

21	Si dans les scénarios précédents vous avez systématiquement choisi le même mode de transport, veuillez expliquer pourquoi :

De façon concrète, pour le déplacement au cours duquel vous avez été enquêté(e) :

22	Par rapport à l'année dernière, en 2007, vous utilisez actuellement le train :	Beaucoup plus souvent	Plus souvent	Autant	Un peu moins souvent	Bien moins souvent	Ne sait pas

23	Si vous constatez un changement, pouvez-vous dire pour quelles raisons ? (plusieurs réponses possibles)	
	Changement de lieu de résidence	
	Changement de lieu de travail	
	Usage professionnel du véhicule	
	Accompagnement de personnes à charge	
	Insécurité routière	
	Insécurité (agression)	
	Fiabilité des trains (grève, retard...)	
	Autre :	
		Vitesse et fréquence des trains
	Augmentation du prix de l'essence	
	Difficultés de circulation	
	Difficultés de stationnement	
	Amélioration du confort des trains	
	Sensibilité à l'environnement	

24	Au cours de l'année qui vient, avez-vous l'intention de :	Oui sûrement	Oui peut-être	J'aimerais mais je ne peux pas	Non sans doute	Non sûrement	Ne sait pas
	- réduire votre usage du train ?						
	- augmenter votre usage du train ?						

25	Si vous souhaitez changer votre usage de la voiture, pouvez-vous dire pour quelles raisons ? (plusieurs réponses possibles)	
	Changement de lieu de résidence	
	Changement de lieu de travail	
	Usage professionnel du véhicule	
	Accompagnement de personnes à charge	
	Insécurité routière	
	Insécurité (agression)	
	Fiabilité des trains (grève, retard...)	
	Autre :	
		Vitesse et fréquence des trains
	Augmentation du prix de l'essence	
	Difficultés de circulation	
	Difficultés de stationnement	
	Amélioration du confort des trains	
	Sensibilité à l'environnement	

26	Pourriez-vous noter de 1 (peu intéressant) à 5 (très intéressant) les aspects suivants, pour un déplacement en train : Relaxation durant le voyage Flexibilité du choix de départ de l'heure Confiance sur l'heure d'arrivée Facilité de voyager avec des enfants ou des bagages Sécurité	1	2	3	4	5	Ne sait pas	

Merci d'avoir pris le temps de répondre à ce questionnaire.

Annexe 11 – Questionnaire d’EPD – cas d’un utilisateur de la voiture entre Toulouse et Bruguieres

Monsieur

....

.....

Vous avez été enquêté(e) le mardi 20 mars 2008 au péage de l’A62. Comme convenu, voici le questionnaire complémentaire. Merci d’y répondre, en prenant le temps de lire les instructions. Nous vous appellerons par téléphone dans quelques jours pour recueillir vos réponses.

Tout d’abord, merci de préciser quelques points concernant votre déplacement entre TOULOUSE et BRUGUIERES au cours duquel vous avez été interrogé(e).

1	A combien estimez-vous la consommation en carburant pour 100 Km de la voiture utilisée pour votre déplacement ?				L/100Km
2	Quel est le montant des péages pour ce déplacement ?				€
3	Le prix de ce déplacement est-il pris en charge par un tiers (employeur, etc.) ?	Oui	Non	En partie	
4	Si oui ou en partie, cela serait-il le cas pour le même déplacement en train ?	Oui	Non	En partie	
5	Avez-vous déjà utilisé un autre mode de transport pour ce même déplacement ?	Oui	Non		

Pour les questions suivantes, vous pouvez vous aider de la carte en page 3.

6	Quelle est la gare la plus facilement accessible par rapport à votre lieu de départ ?			
7	A quelle distance se situe-t-elle de votre lieu de départ ?Km		
8	Si vous deviez vous y rendre, quel mode de transport utiliseriez-vous ?	Marche à Pied		
		Vélo		
		Voiture <u>passager</u>		
		Voiture <u>conducteur</u>		
		Taxi		
		Bus		
		Métro		
		Métro + Bus		
Autres :				
9	Combien de temps cela vous prendrait-il ?h.....min		

10	Ce temps vous paraît :	Très long	Assez long	Correct	Assez court	Très court	Sans opinion

11	Quelle est la gare la plus pratique par rapport à votre lieu d'arrivée ?	
----	--	--

12	A quelle distance se situe-t-elle de votre lieu d'arrivée?Km
----	--	---------

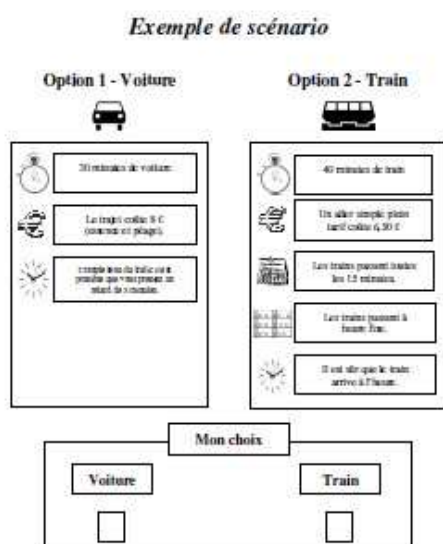
13	Pour vous rendre à votre destination depuis la gare, quel mode de déplacement utiliseriez-vous ??	Marche à Pied	
		Vélo	
		<u>Passager</u> d'une voiture	
		<u>Conducteur</u> d'une voiture	
		Taxi	
		Bus	
		Autres :	

14	Combien de temps cela vous prendrait-il ?h.....min
----	---	----------------

15	Ce temps vous paraît :	Très long	Assez long	Correct	Assez court	Très court	Sans opinion

Nous allons vous présenter dans les pages suivantes 5 scénarios imaginaires. Pour chacun de ces scénarios, vous allez choisir de prendre soit la voiture, soit le train. Ce choix est à faire pour le déplacement sur lequel vous avez été enquêté. Dans la présente page, nous allons vous expliquer comment fonctionnent les scénarios. Les scénarios eux-mêmes se trouvent dans les 5 prochaines pages. Merci de lire d'abord les explications ci-dessous avant de passer aux scénarios dans les pages suivantes.

Pour effectuer votre déplacement, vous allez avoir à chaque fois le choix entre deux modes de déplacements qui seront décrits de la façon suivante :



La voiture :

- durée de votre déplacement porte à porte (ce temps ne comprend pas la recherche éventuelle d'une place de stationnement)
- coût de votre déplacement (carburant et péages)
- fiabilité du temps de parcours prévu

Le train :

- temps à bord du train (ce temps ne comprend pas les accès aux gares de départ et d'arrivée)
- coût de votre déplacement (sur la base d'un aller simple plein tarif)
- fréquence de passage des trains (par exemple, un train toutes les 20 minutes)
- train à horaires fixes ou à horaires variables (voir explication* ci-dessous)
- fiabilité du temps de parcours prévu

* Un train peut partir d'une gare :

- à horaires fixes (par exemple, 9h20, 9h50, 10h20, 10h50, etc.) ;
- à horaires variables (par exemple, 9h07, 9h36, 10h14, 10h44, etc.).

Vous pouvez voir ci-dessous deux grilles horaires différentes. A gauche, les trains passent à horaires fixes. A droite, ils passent à horaires variables. Dans les deux cas, le nombre de trains par heure ne change pas.

Les trains passent à horaires fixes.			
6h05	6h20	6h35	6h50
7h05	7h20	7h35	7h50
8h05	8h20	8h35	8h50
	9h20		9h50
	10h20		10h50
11h05	11h20	11h35	11h50
12h05	12h20	12h35	12h50

Les trains passent à horaires variables.			
6h03	6h18	6h33	6h48
7h05	7h10	7h22	7h55
	8h13	8h28	8h39
9h07		9h36	
	10h14		10h44
	11h12	11h28	11h39
12h03	12h18	12h33	12h48

De plus, lorsque les horaires sont fixes, la grille horaire est identique tous les jours et le temps de parcours entre deux gares est toujours le même.


Votre choix doit se faire pour le déplacement que vous effectuiez le jour où vous avez été enquêté : même motif (de votre domicile à votre travail, de vos études vers un lieu d'achats, etc.), mêmes horaires, mêmes impératifs (dépose d'une autre personne, bagages...).


Veillez passer à la page suivante pour répondre aux 5 scénarios.


Scénario 1. Vous devez vous rendre de TOULOUSE à BRUGUIERES. Pour ce faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture, en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez-vous ?

Option 1 - Voiture




 17 minutes de voiture


 Le trajet coûte 2.40 € (essence et péage).


 Compte tenu du trafic, il est possible que vous preniez un retard de 5 minutes.


Option 2 - Train




 14 minutes de train

 Un aller simple plein tarif coûte 3.00 €

 Les trains passent tous les quarts d'heure.

 Les trains passent à horaires fixes.

 Il est possible que le train arrive avec un retard de 15 minutes.

MON CHOIX

<p>Voiture</p> <p><input type="checkbox"/></p>	<p>Train</p> <p><input type="checkbox"/></p>
---	---

Scénario 2. Vous devez vous rendre de TOULOUSE à BRUGUIERES. Pour ce faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture, en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez-vous ?

Option 1 - Voiture



22 minutes de voiture

Le trajet coûte 1.60 € (essence et péage).

Compte tenu du trafic, il est possible que vous preniez un retard de 5 minutes.

Option 2 - Train



14 minutes de train

Un aller simple plein tarif coûte 3.90 €

Les trains passent toutes les heures.

Les trains passent à horaires variables.

Il est possible que le train arrive avec un retard de 5 minutes.

MON CHOIX


Voiture


Train


Scénario 3. Vous devez vous rendre de TOULOUSE à BRUGUIERES. Pour ce faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture, en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez-vous ?

Option 1 - Voiture




 22 minutes de voiture


 Le trajet coûte 3,10 € (essence et péage).


 Compte tenu du trafic, vous arriverez à l'heure habituelle.


Option 2 - Train




 8 minutes de train

 Un aller simple plein tarif coûte 3,90 €

 Les trains passent tous les quarts d'heure.

 Les trains passent à horaires variables.

 Il est certain que le train arrive à l'heure.


MON CHOIX


<p>Voiture</p> <input style="width: 40px; height: 20px; margin: 10px auto;" type="checkbox"/>	<p>Train</p> <input style="width: 40px; height: 20px; margin: 10px auto;" type="checkbox"/>
--	--


Scénario 4. Vous devez vous rendre de TOULOUSE à BRUGUIERES. Pour ce faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture, en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez-vous ?

Option 1 - Voiture




 22 minutes de voiture


 Le trajet coûte 1.60 € (essence et péage).


 Compte tenu du trafic, il est possible que vous preniez un retard de 5 minutes.


Option 2 - Train




 14 minutes de train

 Un aller simple plein tarif coûte 3.90 €

 Les trains passent toutes les heures.

 Les trains passent à horaires fixes.

 Il est possible que le train arrive avec un retard de 15 minutes.


MON CHOIX


Voiture		Train	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>


Scénario 5. Vous devez vous rendre de TOULOUSE à BRUGUIERES. Pour ce faire, vous avez le choix entre le train ou votre voiture, en empruntant alors obligatoirement l'autoroute. Ces deux possibilités sont détaillées ci-dessous. Quelle option choisissez-vous ?

Option 1 - Voiture




 22 minutes de voiture


 Le trajet coûte 1.60 € (essence et péage).


 Compte tenu du trafic, il est possible que vous preniez un retard de 5 minutes.


Option 2 - Train




 14 minutes de train

 Un aller simple plein tarif coûte 3.00 €

 Les trains passent toutes les demi-heures.

 Les trains passent à horaires variables.

 Il est possible que le train arrive avec un retard de 5 minutes.

MON CHOIX

<p>Voiture</p> <input style="width: 40px; height: 20px; margin: 10px auto;" type="checkbox"/>	<p>Train</p> <input style="width: 40px; height: 20px; margin: 10px auto;" type="checkbox"/>
--	--

21	Si dans les scénarios précédents vous avez systématiquement choisi le même mode de transport, veuillez expliquer pourquoi :

De façon concrète, pour le déplacement au cours duquel vous avez été enquêté(e) :

22	Par rapport à l'année dernière, en 2007, vous utilisez actuellement la voiture :	Beaucoup plus souvent	Plus souvent	Autant	Un peu moins souvent	Bien moins souvent	Ne sait pas

23	Si vous constatez un changement, pouvez-vous dire pour quelles raisons ? (plusieurs réponses possibles)	
	Changement de lieu de résidence	<input type="checkbox"/>
	Changement de lieu de travail	<input type="checkbox"/>
	Usage professionnel du véhicule	<input type="checkbox"/>
	Accompagnement de personnes à charge	<input type="checkbox"/>
	Insécurité routière	<input type="checkbox"/>
	Insécurité (agression)	<input type="checkbox"/>
	Fiabilité des trains (grève, retard...)	<input type="checkbox"/>
	Autre :	

24	Au cours de l'année qui vient, avez-vous l'intention de : - réduire votre usage de la voiture ? - augmenter votre usage de la voiture ?	Oui sûrement	Oui peut-être	J'aimerais mais je ne peux pas	Non sans doute	Non sûrement	Ne sait pas

25	Si vous souhaitez changer votre usage de la voiture, pouvez-vous dire pour quelles raisons ? (plusieurs réponses possibles)	
	Changement de lieu de résidence	<input type="checkbox"/>
	Changement de lieu de travail	<input type="checkbox"/>
	Usage professionnel du véhicule	<input type="checkbox"/>
	Accompagnement de personnes à charge	<input type="checkbox"/>
	Insécurité routière	<input type="checkbox"/>
	Insécurité (agression)	<input type="checkbox"/>
	Fiabilité des trains (grève, retard,...)	<input type="checkbox"/>
	Autre :	

26	Pourriez-vous noter de 1 (peu intéressant) à 5 (très intéressant) les aspects suivants, pour un déplacement en train : Relaxation durant le voyage Flexibilité du choix de départ de l'heure Confiance sur l'heure d'arrivée Facilité de voyager avec des enfants ou des bagages Sécurité	1	2	3	4	5	Ne sait pas

Merci d'avoir pris le temps de répondre à ce questionnaire.

Annexe 12 – Questionnaire de pré sélection – Usagers du train

Nom Enquêteur :	Questionnaire n°
DATE : 18 mars 2008	HEURE :h.....min
LIEU :	

Bonjour, nous réalisons une étude pour le compte de Réseau Ferré de France sur les logiques de déplacement sur l'axe Toulouse-Albi ou Toulouse-Montauban.

SÉLECTION

1	D'où venez-vous ?		
	a. Commune :		b. Département :
	c. Si Toulouse, adresse exacte (rue, quartier, magasin...)		

2	Où allez-vous ?		
	a. Commune :		b. Département :

SI HORS FILTRE : « Vous ne correspondez pas à l'échantillon sélectionné, désolé de vous avoir dérangé. Au revoir. »
→ FIN

CARACTÉRISTIQUES DU DÉPLACEMENT

3	Nombre de passagers (chauffeur inclus)		
----------	--	--	--

4	Motif du déplacement à l'origine	Domicile	Travail	Études	Loisir	Achat	Accompagnement	g. Autres (préciser)
		a	b	c	d	e	f	

5	Motif du déplacement à la destination	Domicile	Travail	Études	Loisir	Achat	Accompagnement	g. Autres (préciser)
		a	b	c	d	e	f	

6	Combien de temps votre déplacement en voiture vous prend-il ?		H	
----------	---	--	---	--

7	Vous réalisez ce déplacement, même motif, même sens :	2 fois par jour ou plus	1 fois par jour	Deux fois et plus par semaine	Une à plusieurs fois par mois	Exceptionnellement
		a	b	c	d	e

8	Allez-vous effectuer ce même déplacement en sens inverse aujourd'hui ?	Oui	Non
		a	b
		9 Si oui, avec quel mode ?	
		Le même	b. Autre (préciser)
		a

Pourquoi ne pas avoir fait ce déplacement en train ?	
10	a Votre lieu de départ n'est pas bien desservi par le train.
	b Votre lieu d'arrivée n'est pas bien desservi par le train.
	c Vous êtes plus libre dans vos déplacements en voiture.
	d Les horaires du train ne vous conviennent pas.
	e Votre déplacement en voiture est plus rapide.
	f Vous transportez des objets lourds ou encombrants.
	g Vous déposez quelqu'un en route.
	h Le déplacement en voiture vous coûte moins cher.
	i Vous n'avez jamais envisagé de faire ce déplacement en train.
	j Autre – précisez :

PROFIL DU RÉPONDANT

11	Genre	Femme	A	Homme	B	12	Quel âge avez-vous ?	__	__
----	-------	-------	---	-------	---	----	----------------------	----	----

13	Vous êtes	En activité	a	Sans profession	e
		Étudiant	b	A la recherche d'un emploi	f
		Scolaire, Collégien, Lycéen	c	Autre :	g
		Retraité	d	

14	De combien de voitures dispose votre ménage ?	
----	---	--

15	Accepteriez-vous que l'on vous envoie un petit questionnaire personnalisé afin de répondre à un entretien téléphonique d'une dizaine de minutes ?	Oui	Non
		a	b
	Serez-vous présent à votre domicile entre le lundi 31 mars et le vendredi 4 avril ?	a	b

16	A quelles heures serez-vous disponible ?	de h	à h
----	--	----	---------	---	---------

17	Quelles sont les coordonnées où nous pourrions vous joindre ?						
	Civilité	a	Madame	b	Mademoiselle	c	Monsieur
	Nom				Prénom		
	Tél. fixe	_____			Tél. portable	_____	
	Adresse					

Je vous remercie de votre participation et je vous souhaite une bonne journée.
Au revoir !

Commentaires Enquêteur :

Annexe 13 – Questionnaire de pré sélection – Usagers de la voiture

Nom Enquêteur :	Questionnaire n°
-----------------------	------------------------

DATE : 18 mars 2008	HEURE :h.....min	N° du train :
---------------------	------------------------	---------------------

Bonjour, nous réalisons une étude pour le compte de Réseau Ferré de France sur les logiques de déplacement sur l'axe Toulouse-Albi ou Toulouse-Montauban. Auriez-vous 2 minutes à m'accorder pour répondre à quelques questions ?

SÉLECTION

0	A quelle gare descendez-vous ?
---	--------------------------------------

SI LA GARE DE DESTINATION NE FAIT PAS PARTIE DU SECTEUR :
Remerciez : « Vous ne correspondez pas à l'échantillon sélectionné, désolé de vous avoir dérangé. Au revoir. » FIN

CARACTÉRISTIQUES DU DÉPLACEMENT

1	D'où venez-vous ?	
	a. Commune :	b. Département (si confusion possible) :
	c. Si Toulouse, adresse exacte (rue, quartier, magasin, etc.)	

2	Motif du déplacement à l'origine	Domicile	Travail	Études	Loisir	Achat	Accompagnement	g. Autres (préciser)
		a	b	c	d	e	f	

3	Motif du déplacement à la destination	Domicile	Travail	Études	Loisir	Achat	Accompagnement	g. Autres (préciser)
		a	b	c	d	e	f	g

4	Comment vous êtes-vous rendu à la gare ?	Marche à Pied	Vélo	Voiture <u>passager</u>	Voiture <u>conducteur</u>	Taxi	Bus	Métro	Métro + Bus
		a	b	c	d	e	f	g	h
		Autres :							
		Si pas « En Voiture conducteur », passez à la question 7							

5	Où avez-vous stationné ?	Sur Parking	Dans la rue
		a	b
		c. Autres :	

6	Le stationnement est-il ?	Gratuit	Payant
		a	b

7	Combien de temps avez-vous mis pour vous rendre à la gare ?	min
---	---	-----

8	Où allez-vous ?	
	a. Commune :	b. Département :

9	Depuis votre gare d'arrivée, comment allez-vous vous rendre à votre destination finale ?	Marche à Pied	a
		Vélo	b
		Taxi	c
		Voiture <u>passager</u>	d
		Voiture <u>conducteur</u>	e
		Bus	f
		g. Autres :	
Si pas « En Voiture conducteur », passez à la question 12			
10	Où la voiture est-elle stationnée?	Sur parking a	Dans la rue b
		c. Autres :	
11	Le stationnement est-il ?	Gratuit a	Payant b

12	Depuis votre gare d'arrivée, combien de temps allez-vous mettre pour vous rendre à votre destination finale ?h.....min
----	---	----------------

13	Vous réalisez ce déplacement, même motif, même sens :	2 fois par jour ou plus	1 fois par jour	Deux fois et plus par semaine	Une à plusieurs fois par mois	Exceptionnellement
		a	b	c	d	e

14	Allez-vous effectuer ce même déplacement en sens inverse aujourd'hui ?	Oui a	Non b
15	Si oui, avec quel mode ?	Le même a	b. Autre (préciser)

16	Pourquoi ne pas avoir fait ce déplacement en voiture ?	Difficultés de stationnement	a
		Coût de stationnement trop élevé	b
		Train moins cher	c
		Train plus rapide	d
		Pas de voiture à disposition	e
		Train plus sécuritaire	f
		Train plus confortable	g
		h. Autres – précisez :	

PROFIL DU RÉPONDANT

17	Genre	Femme A	Homme B	18	Quel âge avez-vous ?	__ __
----	-------	---------	---------	----	----------------------	-------

19	Vous êtes	En activité	a	Sans profession	e
		Étudiant	b	A la recherche d'un emploi	f
		Scolaire, Collégien, Lycéen	c	g. Autre (préciser)	
		Retraité	d		

20	De combien de voitures dispose votre ménage ?	
----	---	--

21	Accepteriez-vous que l'on vous envoie un petit questionnaire personnalisé afin de répondre à un entretien téléphonique d'une dizaine de minutes ?	Oui a	Non b
	Serez-vous présent à votre domicile entre le lundi 31 mars et le vendredi 4 avril ?	a	b

22	A quelles heures serez-vous disponible ?	de h	à h
----	--	----	---------	---	---------

23	Quelles sont les coordonnées où nous pourrions vous joindre ?					
Civilité	a	Madame	b	Mademoiselle	c	Monsieur
Nom				Prénom		
Tél. fixe	_____			Tél. portable	_____	
Adresse					

Commentaires Enquêteur :

<p align="center">Je vous remercie de votre participation et je vous souhaite une bonne journée. Au revoir !</p>



Annexe 14 – Estimation par logit simple – segmentation selon le motif de déplacement

		Coefficient	Ecart Type	Pr(> t)	Valeur Monétaire
Déplacements "Travail"	β_{VP}	2,105	0,361	0,000	-
	P_{VP}	-0,182	0,047	0,000	-
	P_T	-0,226	0,040	0,000	-
	T_{VP}	-0,054	0,011	0,000	0,298
	T_T	-0,041	0,007	0,000	0,184
	R_{VP}	-0,016	0,013	0,226	0,086
	R_T	-0,040	0,015	0,007	0,176
	L_T	0,308	0,165	0,062	-1,362
	F_T	0,095	0,072	0,187	-0,422
	$Mode_{réel}$	-2,914	0,207	< 2,2e-16	-
Déplacements "Etude"	β_{VP}	1,529	0,840	0,069	-
	P_{VP}	-0,067	0,097	0,489	-
	P_T	-0,140	0,082	0,089	-
	T_{VP}	-0,058	0,019	0,002	0,855
	T_T	-0,037	0,013	0,005	0,266
	R_{VP}	-0,057	0,026	0,029	0,841
	R_T	-0,063	0,029	0,028	0,454
	L_T	-0,240	0,319	0,453	1,714
	F_T	0,156	0,140	0,265	-1,116
	$Mode_{réel}$	-1,749	0,518	0,001	-
Déplacements "Autres"	β_{VP}	1,874	0,316	0,000	-
	P_{VP}	-0,101	0,037	0,007	-
	P_T	-0,093	0,030	0,002	-
	T_{VP}	-0,029	0,008	0,001	0,289
	T_T	-0,019	0,005	0,000	0,205
	R_{VP}	-0,006	0,014	0,684	0,055
	R_T	-0,055	0,016	0,001	0,597
	L_T	-0,177	0,173	0,306	1,911
	F_T	0,078	0,077	0,309	-0,842
	$Mode_{réel}$	-3,102	0,208	< 2,2e-16	-
Travail	Log-Likelihood: -459,53 / McFadden R ² : 0.6357				
Etude	Log-Likelihood: -121.28 / McFadden R ² : 0.5834				
Autres	Log-Likelihood: -434.83 / McFadden R ² : 0.6816				

Annexe 15 – Dispositif de mise en place de l’EIRD

SCENARIO 1	SCENARIO 2	SCENARIO 3	DISCUSSION 1	DISCUSSION 2	DISCUSSION 3
<p>Réaction par rapport au bilan de la mobilité annuelle</p> <p>En kilomètres En litres En tonnes de CO₂ En euros</p>	<p>Taxe carbone</p> <p>Prix du litre : 1€40</p> <p>Etape 1 : taxe à 0,20 € le litre</p> <p>Etape 2 : taxe à 0,50 € le litre</p> <p>Etape 3 : taxe à 1 € le litre</p>	<p>Quotas d’émissions échangeables de CO₂</p> <p>Prix du litre : 1€40 Prix d’achat/vente du quota : 1 € le litre</p> <p>Etape 1 : - 10 % de la consommation annuelle Etape 2 : - 25 % de la consommation annuelle Etape 3 : - 50 % de la consommation annuelle Etape 4 : - 75 % de la consommation annuelle</p>	<p>Objet de l’allocation de quotas</p> <p>Déplacements en voiture Déplacements en voiture et en avion Chauffage du logement</p>	<p>Mode d’allocation des quotas</p> <p>Allocation de quotas uniquement aux automobilistes Allocation de quotas par ménage</p> <p>Allocation de quotas par individu Allocation de quotas différente selon la localisation résidentielle</p>	<p>Préférence par rapport au système proposé</p> <p>Taxe carbone Quotas d’émissions échangeables de CO₂</p>

Annexe 16 - Questionnaire de sélection de la population et de reconstitution des déplacements – enquête quantitative – Juin / Juillet 2009.

Nom Enquêteur :	Questionnaire n°	
DATE :	HEURE :	LIEU :

Bonjour, nous réalisons une enquête pour le compte de l'université de Lyon. Nous souhaitons observer comment les individus comme vous et moi adapteraient leurs déplacements si, pour des raisons environnementales, ils ne pouvaient consommer qu'une quantité limitée de carburant chaque année.

Notre recherche se déroule en 2 étapes. 1 première enquête de 5 min aujourd'hui puis un autre questionnaire d'une dizaine de minutes que nous remplirions ensemble par téléphone en Septembre prochain. Seriez-vous prêt à y participer ?

Si « non » → Ce n'est pas grave merci
Si « oui » → Merci

Je vais donc vous poser quelques questions. Merci d'être le plus précis possible. Cette étude ne s'intéresse qu'à vos déplacements privés. Cette étude ne prend pas en compte les déplacements que vous réalisez pour le compte de votre employeur.

SELECTION

1	UTILISEZ-VOUS UNE VOITURE EN TANT QUE CONDUCTEUR?	Tous les jours	Quelques fois par semaine	Quelques fois par mois	jamais	Si « jamais » → remerciez / FIN
2	DANS QUELLE TRANCHE D'AGE VOUS SITUEZ-VOUS :	18-24 ans	25-34 ans	35-49 ans	50-65 ans	+ de 65 ans
3	QUEL EST LE CODE POSTAL DE VOTRE LIEU D'HABITATION ?	_____				N'interrogez que les habitants du 69, 01, 38, 42
4	COMBIEN DE PERSONNES RESIDENT A VOTRE DOMICILE ?	_____				
5	PARMI ELLES, COMBIEN Y A-T-IL D'ENFANTS DE MOINS DE 18 ANS?	_____				

6	ETES VOUS :	En activité à temps plein		Etudiant	
		En activité à temps partiel		Autre :

Si « Autre », passez à la question 10

7	DANS QUELLE COMMUNE SE SITUE VOTRE LIEU DE TRAVAIL OU D'ETUDE ? (CODE POSTAL OU NOM DE LA COMMUNE)
---	---	-------

8	POUR VOUS RENDRE A VOTRE TRAVAIL, QUEL MODE DE TRANSPORT UTILISEZ-VOUS ?	La voiture		Le Vélo, La marche	
		Les transports collectifs		Autres :

Réponse à choix multiple

Si n'utilise pas la voiture, passez à la question 10

9	COMBIEN DE FOIS PAR SEMAINE UTILISEZ VOUS VOTRE VOITURE POUR VOUS RENDRE SUR VOTRE LIEU DE TRAVAIL ?
---	--	-------

Je vais vous poser quelques questions qui ne traitent que de vos déplacements en voiture.

10	A. LORSQUE VOUS VOUS DEPLACEZ POUR FAIRE VOS ACHATS, OU ALLEZ-VOUS ?	B. EFFECTUEZ-VOUS REGULIEREMENT CE DEPLACEMENT ? SI « OUI » « NON »... C'EST-A-DIRE ?
		Fréquence ou nb de fois
	1./	
	2./	
	3./	
		Total :

JE NE ME DEPLACE PAS EN VOITURE POUR FAIRE MES ACHATS	
---	--

Face au moindre doute :

Sur le nom de la commune
« Pouvez-vous m'épeler le nom de la commune SVP ? »

Sur le mode de déplacement utilisé
« Ce ne sont que les déplacements que vous faites en voiture qui sont concernés ici. »

11	A. LORSQUE VOUS VOUS DEPLACEZ POUR DEPOSER VOS ENFANTS OU UN PARENT, OU ALLEZ-VOUS ?	B. EFFECTUEZ-VOUS REGULIEREMENT CE DEPLACEMENT ? SI « OUI » « NON »... C'EST-A-DIRE ?
		Fréquence
	1./	
	2./	
	3./	
		Total :

JE NE ME DEPLACE PAS EN VOITURE POUR DEPOSER DES PROCHES

Face au moindre doute :

Sur le nom de la commune
« Pouvez-vous m'épeler le nom de la commune SVP ? »

Sur le mode de déplacement utilisé

« Ce ne sont que les déplacements que vous faites en voiture qui sont concernés ici. »

12	A. LORSQUE VOUS VOUS DEPLACEZ EN VOITURE A LA JOURNEE POUR VOS LOISIRS, QUE CE SOIT EN SEMAINE OU LE WEEK-END, OU ALLEZ-VOUS ?	B. EFFECTUEZ-VOUS REGULIEREMENT CE DEPLACEMENT ? SI « OUI » « NON »... C'EST-A-DIRE ?
		Fréquence
	Commune + Département	
	1./	
	2./	
	3./	
	4./	
	5./	
		Total :

JE NE ME DEPLACE PAS EN VOITURE LORS DE MES TEMPS LIBRES

Face au moindre doute :

Sur le nom de la commune
« Pouvez-vous m'épeler le nom de la commune SVP ? »

Sur le mode de déplacement utilisé

« Ce ne sont que les déplacements que vous faites en voiture qui sont concernés ici. »

Sur la période considérée ?

« En fait nous ne considérons pas encore ici les lieux où vous partez en week-end, c'est-à-dire ou vous dormez au moins 1 nuit »

Manque d'inspiration ?

« Vous allez peut-être rendre visite à vos proches ? »,
« Ou peut être faire du sport ? »

13	A. AU COURS <u>DE L'ANNEE PASSEE</u> , LORSQUE VOUS ETES PARTI(E) EN WEEK-ENDS EN VOITURE, C'EST-A-DIRE AU MOINS 1 NUIT EN DEHORS DE VOTRE DOMICILE, OU ETES-VOUS ALLE(E)?	B. EFFECTUEZ-VOUS REGULIEREMENT CE DEPLACEMENT ? SI « OUI » « NON » ... C'EST-A-DIRE ?	<p>Face au moindre doute :</p> <p><i>Sur le nom de la commune</i> « Pouvez-vous m'épeler le nom de la commune SVP ? »</p> <p><i>Sur le mode de déplacement utilisé</i> « Ce ne sont que les déplacements que vous faites <u>en voiture</u> qui sont concernés ici. »</p> <p><i>Sur la période considérée ?</i> « Nous considérons ici les lieux où vous partez en week-end, c'est-à-dire où vous dormez au moins 1 nuit en dehors de votre domicile »</p> <p><i>Manque d'inspiration ?</i> « Vous allez peut-être dans le sud ? », « Ou peut être au ski ? »</p>
	<u>Nom de la commune + département</u>	<u>Département</u>	<u>Fréquences</u>
	JE NE ME DEPLACE PAS EN VOITURE POUR PARTIR EN WE		Total :

14	A. AU COURS DE CETTE DERNIERE ANNEE, LORSQUE VOUS ETES PARTI EN VACANCES EN VOITURE, OU ETES-VOUS ALLE ?	B. EFFECTUEZ-VOUS REGULIEREMENT CE DEPLACEMENT ? SI « OUI » « NON »... C'EST-A-DIRE ?
	Nom de la commune + département	Fréquence
	1/	
	2/	
	3/	
4/		
		Total :

JE NE ME DEPLACE PAS EN VOITURE EN VACANCES

Face au moindre doute :

Sur le nom de la commune
« Pouvez-vous m'épeler le nom de la commune SVP ? »

Sur le mode de déplacement utilisé
« Ce ne sont que les déplacements que vous faites en voiture qui sont concernés ici. »

Sur la période considérée ?
« On parle ici les lieux où vous partez en vacances »

Je vais maintenant vous poser une question qui traite de vos déplacements personnels en avion.
On exclu les déplacements que vous réalisez en avion pour le compte de votre employeur

15 VOUS ARRIVE-T IL DE VOYAGER EN AVION A TITRE PERSONNEL? Oui Non

Si « Non », passez à la question 17

18	A. OU ETES-VOUS ALLE EN AVION LORS DES 3 DERNIERES ANNEES ?	B. EFFECTUEZ-VOUS REGULIEREMENT CE DEPLACEMENT ? SI « OUI » « NON »... C'EST-A-DIRE ?
	(Ville / Pays)	Fréquence
	1/	
	2/	
	3/	
4/		
		Total :

Face au moindre doute :

Sur le nom de la ville
« Pouvez-vous m'épeler le nom de la commune SVP ? »

Sur le motif ce déplacement ?
« C'était bien un déplacement que vous avez réalisé à titre personnel et non pour un déplacement de travail ? »

Pour terminer, j'aurais besoin de quelques informations complémentaires

17	COMBIEN DE VOITURES SONT A LA DISPOSITION DE VOTRE MENAGE ?	<input type="text"/>	
18	QUELLE EST LA MARQUE DE LA VOITURE QUE VOUS UTILISEZ LE PLUS SOUVENT ?	<input type="text"/>	
19	CONNAISSEZ-VOUS LE MODELE EXACT ?	<input type="text"/>	
20	QUEL CARBURANT ALIMENTE CE VEHICULE?	ESSENCE <input type="checkbox"/>	DIESEL <input type="checkbox"/>
21	EST-CE LE MEME VEHICULE QUE VOUS UTILISEZ POUR PARTIR EN WEEK-END OU EN VACANCES?	OUI <input type="checkbox"/>	NON <input type="checkbox"/>

JE NE PARS PAS EN VACANCES EN VOITURE

Si « Oui », passez à la question 25

22	QUELLE EST LA MARQUE DE CE SECOND VEHICULE ?	<input type="text"/>	
23	CONNAISSEZ-VOUS LE MODELE EXACT ?	<input type="text"/>	
24	QUEL CARBURANT ALIMENTE CET AUTRE VEHICULE?	ESSENCE <input type="checkbox"/>	DIESEL <input type="checkbox"/>

25	AVEZ-VOUS UNE IDEE DE VOTRE KILOMETRAGE ANNUEL ?	<input type="text"/>			
26	UTILISEZ-VOUS VOTRE VEHICULE POUR LE COMPTE DE VOTRE ENTREPRISE ?	Très souvent <input type="checkbox"/>	Rarement <input type="checkbox"/>	Souvent <input type="checkbox"/>	Jamais <input type="checkbox"/>
27	ETES VOUS :	Un Homme <input type="checkbox"/>	Une Femme <input type="checkbox"/>		

Questions suivantes : Réponses à choix multiple

En semaine quand et à quelle heure êtes-vous joignable par téléphone ?

17h-18h

18h-19h

19h-20h

Quel jour préférez-vous être contactée ?

- Lundi Mercredi Vendredi
 Mardi Jeudi

Etes-vous joignable ?

- En Août
 En Septembre
 En Octobre

Au début du mois de Septembre, nous vous enverrons un questionnaire par courrier.
Nous le remplirons ensemble par téléphone. Nous tâcherons de vous contacter durant les horaires que vous nous avez fournis.
Je vais donc vous demander votre numéro de téléphone.

Ainsi que votre adresse (Nom, Prénom, Rue, Code Postal, Ville)

Merci encore de votre participation. Passez un agréable été. Au revoir

Je vous remercie de votre participation et je vous souhaite une bonne journée.
Au revoir !

Veillez à rester le plus proche possible du questionnaire

Attention à l'écriture

Si on vous demande l'objectif de l'étude :
« L'objectif de cette étude est de reconstituer vos déplacements et le nombre de km que vous effectuez chaque année »

Sélectionner les personnes interrogées de la manière la plus aléatoire possible

Attention aux trajets cités plusieurs fois

INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

Nb : Les informations grisées ou encadrées de double traits sont destinées aux enquêteurs.

Annexe 17 - Plans factoriels utilisés lors des tests de définition de l'attribut « seuil d'allocation initiale »

VERSION 1							
Scénario	TCD	CD	MD	LD	TLD	Prix	Seuil d'allocation
1	0%	30%	30%	30%	0%	1	200
2	30%	15%	30%	0%	0%	1	600
3	15%	45%	30%	15%	15%	1	1000
4	15%	0%	15%	15%	0%	2	600
5	15%	30%	45%	30%	30%	1	1000
6	30%	0%	45%	45%	45%	1	600
7	30%	45%	0%	45%	30%	2	1000
8	45%	0%	30%	45%	15%	1	1000
9	15%	30%	45%	45%	0%	2	1000
10	45%	30%	0%	15%	15%	1	600
11	45%	45%	15%	30%	30%	1	600
12	0%	0%	0%	0%	0%	1	1000
13	45%	15%	45%	15%	0%	3	1000
14	30%	45%	0%	30%	0%	1	1000
15	0%	0%	0%	15%	30%	3	1000
16	45%	30%	0%	0%	45%	2	200
17	0%	45%	45%	0%	15%	2	600
18	0%	45%	45%	15%	45%	1	200
19	15%	45%	30%	0%	45%	3	1000
20	45%	0%	30%	30%	45%	2	1000
21	0%	15%	15%	30%	15%	2	1000
22	15%	15%	0%	45%	15%	1	200
23	30%	30%	15%	0%	15%	3	1000
24	45%	15%	45%	0%	30%	1	1000
25	30%	15%	30%	15%	30%	2	200
26	15%	0%	15%	0%	30%	1	200
27	30%	0%	45%	30%	15%	3	200
28	0%	30%	30%	45%	30%	3	600
29	15%	15%	0%	30%	45%	3	600
30	45%	45%	15%	45%	0%	3	200
31	30%	30%	15%	15%	45%	1	1000
32	0%	15%	15%	45%	45%	1	1000

VERSION 2

Scénario	TCD	CD	MD	LD	TLD	Prix	Seuil d'allocation
1	0%	30%	30%	30%	0%	1	400
2	30%	15%	30%	0%	0%	1	700
3	15%	45%	30%	15%	15%	1	1000
4	15%	0%	15%	15%	0%	2	700
5	15%	30%	45%	30%	30%	1	1000
6	30%	0%	45%	45%	45%	1	700
7	30%	45%	0%	45%	30%	2	1000
8	45%	0%	30%	45%	15%	1	100
9	15%	30%	45%	45%	0%	2	100
10	45%	30%	0%	15%	15%	1	700
11	45%	45%	15%	30%	30%	1	700
12	0%	0%	0%	0%	0%	1	1000
13	45%	15%	45%	15%	0%	3	1000
14	30%	45%	0%	30%	0%	1	100
15	0%	0%	0%	15%	30%	3	100
16	45%	30%	0%	0%	45%	2	400
17	0%	45%	45%	0%	15%	2	700
18	0%	45%	45%	15%	45%	1	400
19	15%	45%	30%	0%	45%	3	100
20	45%	0%	30%	30%	45%	2	1000
21	0%	15%	15%	30%	15%	2	100
22	15%	15%	0%	45%	15%	1	400
23	30%	30%	15%	0%	15%	3	1000
24	45%	15%	45%	0%	30%	1	100
25	30%	15%	30%	15%	30%	2	400
26	15%	0%	15%	0%	30%	1	400
27	30%	0%	45%	30%	15%	3	400
28	0%	30%	30%	45%	30%	3	700
29	15%	15%	0%	30%	45%	3	700
30	45%	45%	15%	45%	0%	3	400
31	30%	30%	15%	15%	45%	1	100
32	0%	15%	15%	45%	45%	1	1000

VERSION 3

Scénario	TCD	CD	MD	LD	TLD	Prix	Seuil d'allocation
1	0%	30%	30%	30%	0%	1	40%
2	30%	15%	30%	0%	0%	1	25%
3	15%	45%	30%	15%	15%	1	10%
4	15%	0%	15%	15%	0%	2	25%
5	15%	30%	45%	30%	30%	1	10%
6	30%	0%	45%	45%	45%	1	25%
7	30%	45%	0%	45%	30%	2	10%
8	45%	0%	30%	45%	15%	1	10%
9	15%	30%	45%	45%	0%	2	10%
10	45%	30%	0%	15%	15%	1	25%
11	45%	45%	15%	30%	30%	1	25%
12	0%	0%	0%	0%	0%	1	10%
13	45%	15%	45%	15%	0%	3	10%
14	30%	45%	0%	30%	0%	1	10%
15	0%	0%	0%	15%	30%	3	10%
16	45%	30%	0%	0%	45%	2	40%
17	0%	45%	45%	0%	15%	2	25%
18	0%	45%	45%	15%	45%	1	40%
19	15%	45%	30%	0%	45%	3	10%
20	45%	0%	30%	30%	45%	2	10%
21	0%	15%	15%	30%	15%	2	10%
22	15%	15%	0%	45%	15%	1	40%
23	30%	30%	15%	0%	15%	3	10%
24	45%	15%	45%	0%	30%	1	10%
25	30%	15%	30%	15%	30%	2	40%
26	15%	0%	15%	0%	30%	1	40%
27	30%	0%	45%	30%	15%	3	40%
28	0%	30%	30%	45%	30%	3	25%
29	15%	15%	0%	30%	45%	3	25%
30	45%	45%	15%	45%	0%	3	40%
31	30%	30%	15%	15%	45%	1	10%
32	0%	15%	15%	45%	45%	1	10%

VERSION 4

Scénario	TCD	CD	MD	LD	TLD	Prix	Seuil d'allocation
1	0%	30%	30%	30%	0%	1	40%
2	30%	15%	30%	0%	0%	1	30%
3	15%	45%	30%	15%	15%	1	20%
4	15%	0%	15%	15%	0%	2	30%
5	15%	30%	45%	30%	30%	1	20%
6	30%	0%	45%	45%	45%	1	30%
7	30%	45%	0%	45%	30%	2	20%
8	45%	0%	30%	45%	15%	1	20%
9	15%	30%	45%	45%	0%	2	20%
10	45%	30%	0%	15%	15%	1	30%
11	45%	45%	15%	30%	30%	1	30%
12	0%	0%	0%	0%	0%	1	20%
13	45%	15%	45%	15%	0%	3	20%
14	30%	45%	0%	30%	0%	1	20%
15	0%	0%	0%	15%	30%	3	20%
16	45%	30%	0%	0%	45%	2	40%
17	0%	45%	45%	0%	15%	2	30%
18	0%	45%	45%	15%	45%	1	40%
19	15%	45%	30%	0%	45%	3	20%
20	45%	0%	30%	30%	45%	2	20%
21	0%	15%	15%	30%	15%	2	20%
22	15%	15%	0%	45%	15%	1	40%
23	30%	30%	15%	0%	15%	3	20%
24	45%	15%	45%	0%	30%	1	20%
25	30%	15%	30%	15%	30%	2	40%
26	15%	0%	15%	0%	30%	1	40%
27	30%	0%	45%	30%	15%	3	40%
28	0%	30%	30%	45%	30%	3	30%
29	15%	15%	0%	30%	45%	3	30%
30	45%	45%	15%	45%	0%	3	40%
31	30%	30%	15%	15%	45%	1	20%
32	0%	15%	15%	45%	45%	1	20%

Annexe 18 - Guide de récolte de données fourni aux enquêteurs

Bonjour Mme

Je vous contacte de la part de l'université Lyon 2 et du laboratoire d'économie des transports. Vous avez reçu un appel il y a quelques jours vous avertissant de l'envoi d'un courrier contenant un questionnaire.

Avez-vous bien reçu ce courrier? Oui Non

<i>Si « non »</i> → « Votre adresse est – elle bien ... ? »
<i>Si « ok »</i> → « Alors je vais vous renvoyer le courrier aujourd'hui puis je vous rappellerai »
<i>Si « non »</i> → Noter la bonne adresse : « Alors je vais vous renvoyer le courrier à cette adresse aujourd'hui puis je vous rappellerai. »

A partir des informations que vous nous avez donné ce jour là, nous avons reconstitué *grosso modo* votre mobilité en voiture au cours d'une année.

Evidemment, cette reconstitution n'est pas parfaite, mais elle nous suffit pour tester vos réactions dans des contextes en peu particuliers que je vais vous présenter après.

Pour commencer, détachez la feuille avec une étoile en haut à droite.

Le tableau suivant reprend les déplacements que vous nous avez donnés. Ils sont classés par catégories de distance, pour chaque déplacement est aussi indiqué l'activité pour laquelle vous avez effectué le déplacement (achat, week-end, etc) et le nombre de fois ou vous avez effectué le déplacement.

Est-ce que pour vous cela constitue une bonne représentation de vos déplacements en voiture ?

Tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout

<i>Si « plutôt non »</i> → pourquoi, il y a des erreurs ou il manque des déplacements ?

Cas 1 : S'il manque en effet beaucoup d'informations (+ de n déplacements erronés ou manquants)

→ noter les erreurs

« Si cela vous va, nous allons modifier le questionnaire puis nous vous le renverrons cette semaine et je vous rappellerai ensuite pour récolter vos réponses »

Si « ok » → « Alors merci et à très bientôt. Attention quand même de ne pas jeter l'enveloppe ! ☺ Au revoir. »

Si « non, non... » → « Etes-vous sur ? le questionnaire ne prend que quelques minutes et vous rapportera 15 € de bon d'achat ?...
Tant pis je vous souhaite une bonne soirée. Au revoir.

Cas 2 : S'il manque quelques informations (- de n déplacements erronés ou manquants)

« Ce n'est pas grand-chose et ça ne remet pas en cause notre enquête. L'important est que nous ayons une image acceptable de vos déplacements en voiture. »

Cas 3 : Autres remarques

« Ce n'est pas grand-chose et ça ne remet pas en cause notre enquête. L'important est que nous ayons une image acceptable de vos déplacements en voiture. »

Je vais maintenant vous présenter des situations imaginaires et je vais vous demander de me dire ce que vous feriez dans la réalité si vous y étiez confronté. L'objectif est que vous essayez autant que possible de vous imaginer dans cette situation et de prendre en compte ce que cela représenterait concrètement pour vous. Comme ça, vous « jouez le jeu » au maximum et vous essayez de répondre ce que vous feriez dans la réalité.

Commençons avec une première série de jeux. N'hésitez pas à m'interrompre si vous avez des questions.

Imaginons pour commencer qu'une taxe s'ajoute au prix actuel du carburant à la pompe. Elle est mise en place pour inciter les automobilistes à moins consommer de carburant. Je vous précise quand même que cela n'a rien à voir avec la taxe carbone dont on parle actuellement et que nous ne faisons pas cette enquête pour le gouvernement mais pour le compte de la recherche scientifique.

Je vais maintenant vous demander d'ouvrir l'enveloppe qui était à l'intérieur du courrier que vous avez reçu.

SCENARIO 1

Dans un premier temps, considérons qu'une taxe de 10 centimes par litre d'essence soit appliquée et que cette taxe ne soit à payer qu'à partir du nième litre que vous achetez.

Nous vous proposons trois manières d'adapter vos comportements de déplacements. Ces trois situations sont calculées à partir des déplacements que vous avez déclarés lors de l'enquête que nous avons faite en Juillet. A vous de me dire ce que vous feriez dans la réalité.

Dans la première situation, vous devez ne plus utiliser votre voiture pour :

-
-
-
-

et payer en plus une taxe de ... € ou et vous ne payez alors aucune taxe

Dans la seconde situation, vous devez ne plus utiliser votre voiture pour :

-
-
-
-

et payer en plus une taxe de ... € ou et vous ne payez alors aucune taxe

Dans la dernière situation, vous ne changez rien de la manière dont vous vous déplacez actuellement mais vous devez alors payer une taxe de ... €.

Que feriez-vous donc dans la réalité?

Option 1

Option 2

Option 3

Si « cas 1 » ou « cas 2 » → En reprenant la liste des déplacements que vous avez effectués, pouvez-vous m'indiquer quels déplacements vous ne feriez plus en voiture ?

<i>Modifications de mobilité</i>																	
Très courte distance	<i>N°</i>								Longue distance	<i>N°</i>							
	<i>Nb sup</i>									<i>Nb sup</i>							
Courte distance	<i>N°</i>								Très longue distance	<i>N°</i>							
	<i>Nb sup</i>									<i>Nb sup</i>							
Moyenne distance	<i>N°</i>								Total								
	<i>Nb sup</i>																

SCENARIO 2

Considérons maintenant qu'une taxe de **x** centimes par litre d'essence soit appliquée et que cette taxe ne soit à payer qu'à partir du **nième** litre.

Nous vous proposons toujours trois manières de vous adapter. Les trois situations sont toujours calculées à partir des déplacements que vous avez déclarés lors de l'enquête que nous avons faite en Juillet. Merci de me dire encore une fois ce que vous feriez dans la réalité.

Dans la première situation, vous devez ne plus utiliser votre voiture pour :

-
-
-
-

et payer en plus une taxe de ... € **ou** et vous ne payez alors aucune taxe

Dans la seconde situation, vous devez ne plus utiliser votre voiture pour :

-
-
-
-

et payer en plus une taxe de ... € **ou** et vous ne payez alors aucune taxe

Dans la dernière situation, vous ne devez rien changer de la manière dont vous vous déplacez actuellement mais vous devez alors payer une taxe de ... €.

Que feriez-vous donc dans la réalité?

Option 1

Option 2

Option 3

Si « cas 1 » ou « cas 2 » → En reprenant la liste des déplacements que vous avez effectués, pouvez-vous m'indiquer quels déplacements vous ne feriez plus en voiture ?

<i>Modifications de mobilité</i>																			
Très courte distance	<i>N°</i>									Longue distance	<i>N°</i>								
	<i>Nb sup</i>										<i>Nb sup</i>								
Courte distance	<i>N°</i>									Très longue distance	<i>N°</i>								
	<i>Nb sup</i>										<i>Nb sup</i>								
Moyenne distance	<i>N°</i>									Total									
	<i>Nb sup</i>																		

Maintenant oublions la taxe et imaginons désormais que ce soit un système de crédits de consommation de carburant qui soit mis en place

Chaque année, vous avez droit à un nombre limité de crédits de carburant. Si vous utilisez tous les crédits et voulez acheter plus du carburant, vous devez acheter de nouveaux crédits. A l'inverse, si vous n'utilisez pas tous vos crédits, vous pouvez les revendre.

Par exemple :

Chaque personne se voit attribuer chaque année 500 crédits correspondant au droit de consommer 500 litres de carburant.

Quelqu'un qui fait 15.000 km par an avec une voiture consommant en moyenne 8 litres au 100 (km), consomme 1200 litres. Il lui manque donc 700 crédits.

Si cette personne désire ne rien changer à son comportement de déplacement en voiture, elle devra acheter les crédits qui lui manquent.

Si elle ne veut pas acheter autant de crédits supplémentaires, elle devra organiser ses déplacements autrement.

A l'inverse, une personne ne faisant que 5000 km par an avec une voiture consommant toujours 8 litres au 100 km, consomme 400 litres. Il lui reste donc 100 crédits qu'elle peut revendre.

Si cette personne veut revendre plus de crédits supplémentaires, elle devra organiser ses déplacements autrement pour économiser d'autres crédits.

Avez-vous bien compris ce système qui c'est vrai n'est pas très commun ?

Oui

Non

Si « non » → expliquer à nouveau

SCENARIO 3

Supposons que **nnn** points vous soient attribués chaque année et que le prix d'achat et de vente des crédits supplémentaires soit fixé à **n** centimes d'euros.

Comme précédemment, nous vous proposons trois manières de vous adapter. Ces trois situations sont ici encore calculées à partir des déplacements que vous avez déclarés lors de l'enquête que nous avons faite en Juillet. A vous de me dire ce que vous feriez dans la réalité.

Dans la première situation, vous devez ne plus utiliser votre voiture pour :

-
-
-
-

et rachetez des points supplémentaires pour une valeur de ... €

ou vous ne rachetez pas de nouveaux points

Dans la seconde situation, vous devez ne plus utiliser votre voiture pour :

-
-
-
-

et rachetez des points supplémentaires pour une valeur de ... €

ou vous ne rachetez pas de nouveaux points

Dans la dernière situation, vous ne devez rien changer de la manière dont vous vous déplacez actuellement mais vous devez rachetez des crédits pour une valeur de ... €.

Que feriez-vous donc dans la réalité?

Option 1 **Option 2** **Option 3**

Si « cas 1 » ou « cas 2 » → En reprenant la liste des déplacements que vous avez effectués, pouvez-vous m'indiquer quels déplacements vous ne feriez plus en voiture ?

<i>Modifications de mobilité</i>																			
Très courte distance	<i>N°</i>									Longue distance	<i>N°</i>								
	<i>Nb sup</i>										<i>Nb sup</i>								
Courte distance	<i>N°</i>									Très longue distance	<i>N°</i>								
	<i>Nb sup</i>										<i>Nb sup</i>								
Moyenne distance	<i>N°</i>									Total									
	<i>Nb sup</i>																		

SCENARIO 4

Considérons maintenant que ce soit **nnn** points qui vous soient attribués chaque année et que le prix d'achat et de vente des crédits supplémentaires soit fixé à **n** centimes d'euros.

Nous vous proposons toujours trois manières de vous adapter.

Dans la première situation, vous devez ne plus utiliser votre voiture pour :

-
-
-
-

et rachetez des points supplémentaires pour une valeur de ... €

ou vous ne rachetez pas de nouveaux points

Dans la seconde situation, vous devez ne plus utiliser votre voiture pour :

-
-
-
-

et rachetez des points supplémentaires pour une valeur de ... €

ou vous ne rachetez pas de nouveaux points

Dans la dernière situation, vous ne devez rien changer de la manière dont vous vous déplacez actuellement mais vous devez rachetez des crédits pour une valeur de ... €.

Que feriez-vous donc dans la réalité?

Option 1

Option 2

Option 3

Si « cas 1 » ou « cas 2 » →

En reprenant la liste des déplacements que vous avez effectués, pouvez-vous m'indiquer quels déplacements vous ne feriez plus en voiture ?

		Modifications de mobilité															
Très courte distance	N°								Longue distance	N°							
	Nb sup									Nb sup							
Courte distance	N°								Très longue distance	N°							
	Nb sup									Nb sup							
Moyenne distance	N°								Total								
	Nb sup																

SCENARIO 5 : POUR CEUX AVEC DEPLACEMENTS AVION

Imaginons que vos déplacements avion soient concernés par ces mesures. Prenons **10 cts** comme montant de la taxe par litre d'essence supplémentaire. Comme avant, cette taxe est à payer à partir du **nième** litre.

Nous vous proposons cette fois deux manières de vous adapter.

Dans la première situation, vous devez ne plus utiliser votre voiture pour :

-
-
-
-

et payer en plus une taxe de ... € **ou** et vous ne payez alors aucune taxe

Dans la seconde situation, vous ne devez rien changer de la manière dont vous vous déplacez actuellement mais vous devez alors payer une taxe de ... €.

Que feriez-vous donc dans la réalité?

Option 1

Option 2

Option 3

Si « cas 1 » ou « cas 2 » → En reprenant la liste des déplacements que vous avez effectués, pouvez-vous m'indiquer quels déplacements vous ne feriez plus en avion ?

		<i>Modifications de mobilité</i>					
Avion	<i>N°</i>						
	<i>Nb Sup</i>						

SCENARIO 6 : POUR CEUX AVEC DEPLACEMENTS AVION

Imaginons pour terminer que vos déplacements avion soient concernés par un système de crédits et non une taxe. Prenons **10 cts** comme montant de la taxe par litre d'essence supplémentaire. Comme avant, des crédits doivent être réchetés à partir du **nième** litre.

Dans la première situation, vous devez ne plus utiliser votre voiture pour :

-
-
-
-

et payer en plus une taxe de ... € ou et vous ne payez alors aucune taxe

Dans la seconde situation, vous ne devez rien changer de la manière dont vous vous déplacez actuellement mais vous devez alors payer une taxe de ... €.

Que feriez-vous donc dans la réalité?

Option 1

Option 2

Option 3

Si « cas 1 » ou « cas 2 » → En reprenant la liste des déplacements que vous avez effectués, pouvez-vous m'indiquer quels déplacements vous ne feriez plus en avion ?

	<i>Modifications de mobilité</i>					
Avion	<i>N°</i>					
	<i>Nb Sup</i>					

Je vais vous énoncer 4 phrases. Je vous demanderai ensuite laquelle reflète le plus votre situation.

1. De toute façon, s'il faut payer la taxe ou les droits de carburant, je paierai et je ne changerai rien à mes déplacements.
2. Je suis prêt à changer mes déplacements, je trouverai des solutions.
3. Je pourrai payer la taxe ou les droits jusqu'à un certain point mais après je serai forcé de changer mes déplacements.
4. Je n'ai pas le choix, je ne pourrai pas changer mes déplacements, ni payer la taxe ou les droits de carburant.

Merci beaucoup d'avoir pris le temps de participer à cette deuxième phase d'enquête.

Vous recevrez 15€ de bon cadeau à cette même adresse. Vous reconnaîtrez l'enveloppe grâce au logo du laboratoire d'économie des transports. Une petite charrette bleue.

Néanmoins, la commande et l'envoi des bons cadeaux risque de prendre un à deux mois. Ne vous inquiétez donc pas si vous ne les recevez pas tout de suite.

Merci encore et bonne soirée.

EVALUATION ENQUETEUR : QUALITE

Les informations délivrées par le questionnaire sont de bonne qualité :

<i>Tout à fait</i>	<i>L'enquête a réfléchi, compris le questionnaire.</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Plutôt Oui</i>	<i>L'enquête a eu besoin d'explication répétée pour comprendre mais a finalement bien saisi le questionnaire et s'est pris au jeu</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Plutôt Non</i>	<i>L'enquête a donné l'impression de ne pas vraiment comprendre les situations. Ses réponses semblaient hasardeuses.</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Pas du tout</i>	<i>L'enquête n'a pas compris ou pas voulu comprendre le questionnaire.</i>	<input type="checkbox"/>

Annexe 19 – Classification des communes de domiciliation des enquêtés

Code INSEE	Nom de la commune	Densité de la population (hab. / km ²)	Catégorie
38185	Grenoble	8237	Urbain dense
69266	Villeurbanne	8371	
69123	Lyon	9264	
69255	Vaugneray	185	péri-urbain
69116	Limonest	305	
69293	Sathonay-Village	332	
69028	Brindas	399	
01004	Ambérieu-en-Bugey	467	
69072	Dardilly	541	
69194	Saint-Didier-au-Mont-d'Or	736	
69243	Tarare	739	
69191	Saint-Cyr-au-Mont-d'Or	745	
69276	Feyzin	809	
69282	Meyzieu	1189	
69143	Neuville-sur-Saône	1313	
38509	La Tour-du-Pin	1374	
69290	Saint-Priest	1383	
69275	Décines-Charpieu	1416	
69204	Saint-Genis-Laval	1483	
69069	Craponne	1706	
69256	Vaulx-en-Velin	1859	
69040	Champagne-au-Mont-d'Or	1921	
69286	Rillieux-la-Pape	1936	
69244	Tassin-la-Demi-Lune	2010	
69081	Ecully	2134	
69292	Sathonay-Camp	2331	
69199	Saint-Fons	2577	
69202	Saint-Foy-lès-Lyon	3085	
69264	Villefranche-sur-Saône	3247	
69029	Bron	3635	
69259	Vénissieux	3647	
69034	Caluire-et-Cuire	3972	
69149	Oullins	5884	
26266	Rimon-et-Savel	2	rurale
69119	Longes	32	
42042	Chambles	40	
69110	Larajasse	44	
42064	Chuyer	51	
69057	Chevinay	54	
69078	Duerne	58	
38294	Panossas	62	
74204	Les Ollières	64	
69026	Le Breuil	64	
01007	Ambronay	64	

38480	Sept [☐] e	68
01350	Saint-Etienne-du-Bois	72
01378	Saint-Maurice-de-Gourdans	76
69222	Saint-Laurent-d'Oingt	79
38288	Oytier-Saint-Oblas	95
38558	Villette-de-Vienne	105
74269	Seysse	106
01431	Vaux-en-Bugey	121
07072	Coux	121
69249	Thurins	127
69249	Thurins	127
38464	Saint-Victor-de-Cessieu	137
38349	Sablons	150
69270	Chaponnay	175
69211	Saint-Jean-d'Ardières	182
01021	Ars-sur-Formans	198
69086	Fleurieux-sur-L'arbresles	212
01202	Lagnieu	215
69241	Taluyers	229
01347	Saint-Didier-de-Formans	233
69285	Pusignan	234
01322	Reyrieux	235
69112	Lentilly	253
69296	Solaize	279
01049	La Boisse	289
69009	Anse	307
69287	Saint-Bonnet-de-Mure	336
69024	Le Bois-d'Oingt	349
01249	Miribel	349
69233	Saint-Romain-au-Mont-d'Or	370
69272	Communay	372
69291	Saint-Symphorien-d'Ozon	376
69121	Lozanne	384
69020	Belmont-d'Azergues	395
69298	Toussieu	396
69277	Genas	462
69043	Chaponost	483
69268	Vourles	492
01244	Meximieux	502
69171	Sain-Bel	502
01142	Dagneux	548
38318	Pont-Evêque	581
69297	Ternay	582
69294	Sérézin-du-Rhône	619
69115	Limas	739
69238	Saint-Symphorien-sur-Coise	752
69273	Corbas	781
69283	Mions	884
01194	Jassans-Riottier	1063
01427	Trévoux	1131
38485	Seyssinet-Pariset	1213

69205	Saint-Genis-les-Ollières	1255	-----
69096	Grigny	1369	
69010	L'Arbresle	1756	

REMERCIEMENTS

Cette thèse est l'aboutissement de cinq années de travail qui ont contribué, bien au delà de l'apprentissage des méthodes d'enquête préférences déclarées, à ma formation en matière d'analyse de problématiques complexes relatives au secteur des transports de personne.

Les études que j'ai eu l'opportunité de mener ont été réalisées dans le cadre de collaborations avec des analystes et des professionnels, que je tiens, tout d'abord, à remercier. Ils m'ont offert l'occasion de valoriser mon parcours, et m'ont accordé leur confiance, au fil des travaux que nous avons menés ensemble. Je pense tout d'abord à l'encadrement du LET qui m'a permis de prendre part à la vie du laboratoire en les accompagnant dans la réalisation de nombreux projets, aux thématiques captivantes. Merci donc aux chercheurs, professeurs, doctorants du LET, et plus particulièrement à Charles Raux, Stéphanie Souche, Luc Baumstark et Bruno Faivre d'Arcier. Ils m'ont beaucoup appris et ont su me transmettre une part de leur expérience avec pédagogie. Merci au CETE de Toulouse, à RFF et à la SNCF pour les moyens mis à disposition en vue de réaliser ces travaux de recherche. Merci également à Sandrine De Boras, avec qui ce fut un plaisir de travailler.

Je tiens également à remercier l'université lumière Lyon II qui m'a donné la chance d'enseigner et de contribuer au développement de la licence professionnelle Management des Services de Transport de Voyageurs (MSTV). Il me semble fondamental de prendre part à des programmes d'enseignement pour diffuser ses connaissances, renforcer ses compétences et s'éloigner quelque peu d'un travail de thèse long et usant.

Je souhaite bien évidemment remercier Yves Croissant qui a encadré ce travail de thèse et m'a toujours permis de surmonter les difficultés, même quand la distance nous séparait. Merci pour son amabilité lorsqu'il m'a accueilli chez lui pour valider les derniers résultats. Merci pour m'avoir accompagné et encouragé avec patience au cours de ce long projet.

Je voudrais remercier la région Rhône-Alpes, qui a soutenu financièrement ce travail par le biais du cluster transports - territoires et société. Sans elle, je ne me serais pas lancé dans une telle aventure.

Plus personnellement, je veux remercier tous mes proches, amis et famille qui ont toujours fait preuve d'intérêt pour mon travail et continuaient, au fil des ans à me demander « où en es-tu avec ta thèse ? » (sans pour autant comprendre la teneur de ce projet obscur !). Je les remercie aussi pour la motivation qu'ils m'ont transmise lorsqu'ils me demandaient avec ténacité « la soutenance c'est pour quand ? » (sans plus y croire, j'en suis sûr, au cours des dernières années !).

Merci à Grazia pour ses plats fantastiques qui m'accompagnaient au fil des journées de travail. Merci (sans hiérarchie) à clem, jojo, xav, nini, ju, ben, romu, emeric, clement, julia, freda, et tous les autres pour tous les moments de détente salvateurs.

Merci, à Papa (qui a aussi pris le temps de relire des pages incompréhensibles) et à maman pour votre soutien indéfectible. Je devais sans doute avoir quelque chose à vous prouver pour me lancer inconsciemment ? dans un projet si fou !

Merci momo, je sais que tu sauras apprécier autant que moi le plaisir de ne plus penser à cette thèse le soir et les week-end. Sans toi je n'y serais pas arrivé. Grâce à toi, bien au-delà de ma thèse, je me suis prouvé que j'étais capable de grandes choses.