

UNIVERSITE DE MONTREAL

CHOIX DES VARIABLES SOCIO-ECONOMIQUES
POUR UN MODELE DE DEMANDE
EN TRANSPORT AERIEN

PAR

MARC LAMIRANDE

DEPARTEMENT DE SCIENCES ECONOMIQUES
FACULTE DES ARTS ET DES SCIENCES

MEMOIRE PRESENTE A LA FACULTE DES ETUDES SUPERIEURES
EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE
MAITRE ES SCIENCES (M.Sc.)

NOVEMBRE 1986



T A B L E D E S M A T I E R E S

Glossaire	p.	1
Introduction	p.	3
Chapitre 1 : Revue de la littérature		
Introduction	p.	11
1.1 Modèle d'Andrikopoulos et Baxevanidis	p.	27
1.1.1 Forme du modèle	p.	27
1.1.2 Résultats	p.	29
1.1.3 Commentaires	p.	30
1.2 Modèle de Darrow et Wilson	p.	31
1.2.1 Forme du modèle	p.	32
1.2.2 Résultats	p.	34
1.2.3 Commentaires	p.	35
1.3 Modèle de Gronau	p.	36
1.3.1 Forme du modèle	p.	36
1.3.2 Données et estimations	p.	38

1.3.3 Résultats	p.	42
1.3.4 Commentaires	p.	45
1.4 Modèle de Kanafani	p.	47
1.4.1 Forme du modèle	p.	47
1.4.2 Commentaires	p.	50
1.5 Modèle de Keesler	p.	51
1.5.1 Forme du modèle	p.	51
1.5.2 Données et estimations	p.	56
1.5.3 Résultats	p.	57
1.5.4 Commentaires	p.	61
1.6 Modèle de Kraft et Wohl	p.	65
1.6.1 Formulation du modèle de Kraft et Wohl	p.	67
1.7 Apport de Meyburg	p.	71
1.8 Modèle de Pinton	p.	73
1.8.1 Caractéristiques socio-économiques et la demande totale en transport	p.	74
1.8.2 Analyse de la demande en transport	p.	75
1.8.3 Caractéristiques socio-économiques et but du voyage	p.	76

1.8.3.1 Voyages pour le travail	p.	77
1.8.3.2 Voyages d'affaires	p.	79
1.8.3.3 Voyages personnels	p.	80
1.8.3.4 Résumé	p.	82
1.8.4 Demande totale en transport	p.	83
1.8.5 Commentaires	p.	85
1.9 Modèle de Sobieniak	p.	87
1.9.1 Forme fonctionnelle	p.	87
1.9.2 Présentation des résultats	p.	88
1.9.3 Commentaires	p.	89
1.10 Modèle de Vickerman	p.	91
1.11 Modèle de Wilson et Kohn	p.	95
1.11.1 Forme du modèle	p.	96
1.11.2 Estimations	p.	99
1.11.3 Commentaires	p.	100
1.12 Autres contributions	p.	101
1.12.1 Voyages d'agrément	p.	101
1.12.2 Voyages d'affaires	p.	104
Conclusion	p.	107

Chapitre 2 : Données et Méthodes d'estimation

Introduction	p. 112
2.1 Données	p. 113
2.1.1 Déplacements et variables du réseau aérien	p. 113
2.1.2 Compétition modale	p. 117
2.1.3 Variables socio-économiques	p. 120
2.2 Méthodologie de travail	p. 122
2.2.1 Formes fonctionnelles	p. 122
2.2.3 Critères pour le choix des variables	p. 127
Conclusion	p. 133

Chapitre 3 : Analyse des résultats

Introduction	p. 135
3.1 Le modèle	p. 137

3.2 Traitement de l'hétéroscédasticité	p. 143
3.3 Présentation sommaire des résultats	p. 146
3.3.1 Variables dummy	p. 152
3.3.2 Variables du réseau	p. 155
3.3.3 Variables socio-économiques	p. 158
3.4 Présentation détaillée des résultats	p. 164
3.5 Tests d'hypothèse sur les variables socio-économiques.....	p. 172
Conclusion	p. 180
Conclusion	p. 183
Appendice 1	
Le modèle de gravité	p. 187

Appendice 2

Données socio-économiques disponibles p. 189

Appendice 3

Liste des variables socio-économiques p. 199

Remerciements p. 216

Bibliographie p. 218

T A B L E D E S I L L U S T R A T I O N S

- Tableau 1 : Modèles des différents auteurs pp. 21-24.
- Tableau 2 : Direction de l'accroissement de la valeur absolue de l'exposant de la distance pour les déplacements inter et intra groupes - groupes économiques p. 58.
- Tableau 3 : Direction de l'accroissement de la valeur absolue de l'exposant de la distance pour les déplacements inter et intra groupes - groupes de population p. 59.
- Tableau 4 : Variables utilisées dans le modèle de Wilson et Kohn p. 98.
- Tableau 5 : Description des variables du modèle pp. 138-141
- Tableau 6 : Comparaison entre les différentes formulations pp. 147-151
- Tableau 7 : Elasticités coût avion par temps avion et marchés p. 165

- Tableau 8 : Elasticités temps avion par temps avion et marchés
p. 166
- Tableau 9 : Elasticités fréquence par temps avion et marchés
p. 167
- Tableau 10 : Elasticités population active par temps avion et
marchés p. 168
- Tableau 11 : Elasticités travailleurs dans le commerce par
temps avion et marchés p. 169
- Tableau 12 : Test sur le coefficient de la variable
immigrants de la province d'origine en
destination p. 175
- Tableau 13 : Test sur le coefficient de la variable
travailleurs dans les services en destination p.
175
- Tableau 14 : Test sur le coefficient de la variable
travailleurs dans le bâtiment et les travaux
publics en destination p. 175

Tableau 15 : Test sur le coefficient de la variable immigrants de la province de destination en origine p. 176

Tableau 16 : Test sur le coefficient de la variable scolarisation en origine p. 176

Tableau 17 : Test sur le coefficient de la variable Employés dans le secteur manufacturier p. 177

Tableau 18 : Test sur l'égalité des coefficients de la variable population active p. 177

Tableau 19 : Test sur l'égalité des coefficients de la variable travailleurs dans le commerce p. 178

S O M M A I R E

Ce travail s'attaque au problème du choix des variables socio-économiques pour la demande en transport aérien. De nombreux auteurs ont, jusqu'à maintenant, tenté avec plus ou moins de succès de modéliser la demande en transport aérien. L'effort en ce sens devient d'autant plus grand qu'un vent de dérèglementation souffle sur cette industrie. Je n'ai pas la prétention de solutionner le problème, mais ce qui fait l'originalité de ce travail provient de la possibilité d'utiliser une nouvelle banque de données et des instruments informatiques qui n'avaient, jusque là, jamais été employés par quiconque pour traiter ce problème.

La banque de données me permet de connaître les aller-retours des individus par le mode aérien au Canada et donc leur lieu d'origine et de destination pour les zones choisies. Il y a de plus la possibilité d'utiliser une liste assez complète de variables socio-économiques pour ces zones.

Je me suis limité à l'étude des déplacements intérieurs au pays dû à l'absence de variables socio-économiques pour

les autres pays. De plus, je ne considère que les aller-retours excluant ainsi les allers simples et les déplacements à destinations multiples.

Nous avons à notre disposition un logiciel permettant d'estimer le modèle tout en estimant la forme fonctionnelle et en tenant compte de l'hétéroscédasticité des erreurs résiduelles.

Grâce à ces instruments, j'ai pu construire un modèle qui incorpore des variables socio-économiques propres au lieu d'origine et de destination des zones étudiées et qui peut servir de modèle à l'estimation de la demande en transport aérien.

G L O S S A I R E

Aller-retour : déplacement effectué par un individu à partir de son lieu d'origine jusqu'à un lieu de destination identifié, puis effectuant le même déplacement en sens contraire.

Aller simple : l'aller simple, tout comme l'aller-retour est un élément des déplacements origine destination. Un individu partant du point d'origine et ne se rendant qu'au point de destination, effectue un aller simple. Son lieu de résidence et de destination est inconnu.

Déplacement à destination multiple : il s'agit d'un déplacement avec arrêts prolongés multiples (arrêt excédant deux heures).

Déplacement origine-destination : tous les individus ayant utilisé le mode de transport aérien à partir d'un point d'origine et qui se dirige vers une destination. L'origine ne correspond pas nécessairement au lieu de résidence des individus.

Zone : Une zone comprend un regroupement de villes dont "au moins 40 % de la population active occupée demeurant dans la municipalité travaille dans le noyau urbanisé ou que 25 % de la population active occupée travaillant dans la municipalité demeure dans le noyau urbanisé." [4,p.17] Si une région comprend deux aéroports, alors ces deux aéroports sont considérés pour la zone.

Transporteur de niveau I : désigne soit Air Canada soit la Canadian Pacific Air Lines Limited qui fait affaire sous le nom de CP Air.

Transporteur de niveau II : désigne l'un des transporteurs suivants : Pacific Western Airlines Limited, Nordair Ltée., Québecair, ou Eastern Provincial Airways (1963) Limited.

I N T R O D U C T I O N

Tout comme l'indique son titre, ce travail a pour but d'établir une liste de variables socio-économiques pertinentes permettant de modéliser la demande en transport aérien pour le Canada. Mais ce n'est pas tout, nous montrerons aussi qu'il existe une différence significative entre les variables décrivant l'origine, et celles décrivant la destination. En fait, c'est ce sujet qui est au coeur de ce mémoire. Plusieurs auteurs ont traité de la demande en transport aérien, mais peu se sont intéressés à la dichotomie entre les variables d'origine et de destination. On a souvent mentionné qu'il existait des variables génératrices et d'attraction des déplacements, mais on a rarement établi une preuve de ce genre.

Nous avons décidé d'établir un modèle qui réussirait à prouver ce type d'argument. Le premier problème auquel nous devons faire face était de trouver des variables pertinentes à la demande en transport aérien. Pour ce faire, nous avons donc fait une revue de la littérature de ce sujet. Le but de cette revue était de repertorier des auteurs qui avaient étudié les variables socio-économiques à inclure dans un modèle de transport et qui les avaient peut être réparties par motif : origine et destination. Certains auteurs retenus ont eu un apport théorique et les autres, un apport pratique. Nous présenterons les auteurs dont l'apport est théorique

(Kanafani, Kraft et Wohl, Pinton), pratique (Gronau, Keesler, Darrow et Wilson, Wilson et Kohn, Sobieniak) et ceux dont la contribution se situe à mi-chemin entre la théorie et la pratique (Andrikopoulos et Baxevanidis, Meyburg, Vickerman).

Des rapports de Transport Canada et d'autres organismes permettront aussi de faire la lumière sur ce qui distingue les variables socio-économiques caractérisant les voyages d'affaires vs les voyages d'agrément. Cette distinction est nécessaire puisque nous-même la ferons. Il est en effet plus facile de trouver des statistiques sur les variables socio-économiques associées aux voyages d'affaires que pour les voyages d'agrément. Ainsi notre preuve portera sur les voyages d'affaires.

Cette revue de la littérature englobera le premier chapitre.

Ayant une bonne idée des variables à utiliser, il faut ensuite être en mesure de faire la modélisation de la demande pour effectuer la différenciation des variables d'origine et de destination. Le second chapitre présentera la méthodologie de travail. Une première partie sera consacrée à la présentation de la banque de données. Cette partie expliquera d'où

proviennent les données et comment elles ont été obtenues le cas échéant. La seconde partie expose nos méthodes d'estimation. La méthode d'estimation se compose d'un exposé sur le choix de la forme fonctionnelle et de ses implications du point de vue théorique de façon à tenir compte de la compétition modale.

Le dernier chapitre portera sur la présentation des résultats obtenus. Nous présenterons les variables finales entrant dans le modèle. Nous produirons une comparaison du populaire modèle logarithmique avec des versions modifiées de celui-ci, modifications qui porteront sur l'estimation de la forme fonctionnelle puis sur la correction de l'hétéroscédasticité présenté dans le modèle. Lorsque ce dernier aura atteint sa forme finale, nous exécuterons un test qui validera la distinction entre l'effet des variables décrivant l'origine et celui associé à la destination.

Avant même d'analyser les résultats obtenus, il serait bon de se demander si, a priori, la question vaut la peine d'être posée. En effet, lorsque nous sommes en présence d'aller-retours comportant les mêmes zones (e.g. les aller-retours Montréal-Ottawa et Ottawa-Montréal) avons-nous une différence significative du nombre de déplacements entre

les deux marchés pour obtenir une différence significative des coefficients des variables apparaissant en origine et en destination ? Nous démontrerons ici que l'égalité des déplacements entraîne l'égalité des coefficients.

Pour ce faire, prenons le cas simple à deux dimensions i.e.

$$Y_1 = X_1\beta_1 + X_2\beta_2 + e_1$$

$$Y_2 = \beta_1^* X_2 + \beta_2^* X_1 + e_2$$

$$\text{où } X_1 = X_2^* \text{ et } X_2 = X_1^*$$

On voit immédiatement que si $Y_1 = Y_2$ on devrait avoir $\beta_1 = \beta_2^*$, $\beta_2 = \beta_1^*$ et $e_1 = e_2$ dans le cas où la méthode d'estimation n'est pas influencée par l'ordre d'entrée des variables explicatives du modèle. C'est le cas de la méthode des moindres carrés ordinaires i.e. celle que nous utiliserons.

Pour savoir si nous devons nous attendre à une égalité des coefficients, nous avons analysé les déplacements. Premièrement, l'étude a porté sur les aller-retours (incluant les déplacements unidirectionnels) et, deuxièmement, aux aller-retours bidirectionnels seulement.

Nous avons donc calculé $Y = | \sum N_{ij} - N_{ji} | / n$ où N

représente les aller-retours, et où i et j les villes de notre échantillon et n le nombre de marchés. Dans le cas où nous considérons les aller-retours unidirectionnels, nous posons $N_{j,i} = 0$. Dans le premier cas $n=175$ (cas unidirectionnel) et $Y = 801.16$ et dans le second cas $n=145$ (cas birectionnel) et $Y = 741.01$. Ce qui nous porte à croire que les coefficients d'une même variable apparaissant en origine et en destination ne seront pas égaux puisque la différence des N est significativement différente de zéro. Dans le dernier chapitre nous le testerons empiriquement à l'aide des tests d'hypothèse usuels.

Finalement, le lecteur pourra prendre connaissance, dans les appendices, de la formulation du modèle de gravité si fréquemment exploité lors de l'estimation de la demande en transport, de la liste des variables socio-économiques disponibles pour exécuter les estimations de cette demande et enfin, de la liste des marchés étudiés lors de l'estimation du modèle.

Mais ce qu'il faut toujours garder en mémoire au long de ce travail, est la possibilité de différencier les variables d'origine et de destination, et dans le cas où elles sont incluses en origine et en destination, il faut que les

coefficients de celles-ci soient significativement différents.

C H A P I T R E 1

REVUE DE LA LITTERATURE

INTRODUCTION

Le présent chapitre comporte une revue des travaux d'auteurs concernant le choix des variables socio-économiques pour la demande en transport.

Plusieurs auteurs ont traité du sujet. Nous ne nous attarderons qu'à ceux qui nous ont inspiré pour la réalisation de ce mémoire. Le tableau 1 présente les auteurs de même qu'une vue d'ensemble de leurs recherches dans ce domaine. Ce n'est qu'une présentation simplifiée de leurs modèles puisque nous discuterons des résultats obtenus plus en profondeur tout au cours de ce chapitre. Ce tableau comprend donc le type de variable dépendante employée, de même que les variables explicatives ainsi que la forme fonctionnelle utilisée lorsque mentionné. On y retrouve trois types de variables dépendantes: les déplacements origine-destination, les déplacements selon la classe de revenu et le nombre total de passagers. Les variables socio-économiques qui composent en général les modèles comportent (chacune pouvant caractériser la ville en origine et/ou en destination) : l'activité économique des villes, l'attrait de la ville par rapport aux autres, les caractéristiques de l'emploi (ou structure de l'emploi), le

facteur de proximité de la ville, le facteur de richesse caractérisant les individus demeurant dans la ville, la population, l'environnement de la ville et enfin le revenu. Naturellement certaines variables semblent similaires, ce n'est que lorsque l'on étudiera plus en profondeur chaque auteur que l'on nuancera chacune des définitions. Les variables du réseau le plus fréquemment rencontrées sont le coût, la distance, la fréquence et enfin le temps. Nous avons utilisé dans ce tableau la notation propre à chaque auteur. Les formes fonctionnelles rencontrées sont : la forme linéaire et la forme produit ou logarithmique. Lorsqu'il s'agit de modèles théoriques le tableau mentionne que la forme n'est pas spécifiée. Les auteurs sont numérotés de 1 à 11 dont voici la liste :

Liste des auteurs

- 1 Andrikopoulos et Baxevanidis
- 2-3 Darrow et Wilson
- 4 Gronau
- 5 Kanafani
- 6 Keesler

- 7 Kraft et Wohl
- 8 Pinton
- 9 Sobieniak
- 10 Vickerman
- 11 Wilson et Kohn

Pour faciliter la compréhension de chacune des variables présentes dans le tableau, nous les présentons une à une de façon exhaustive :

T_{ij} : Pour Andrikopoulos et Baxevanidis cette variable représente le nombre de passagers entre l'origine i et la destination j avec les villes de Montréal et Toronto comme principales villes d'origine et de destination. Pour le modèle théorique de Kanafani, cette variable correspond au trafic aérien entre les villes i et j . Pour Keesler, ce sont les déplacements origine-destination pour 500 paires de villes. De même, pour Sobieniak, cette variable indique le nombre de voyages entre la région i et j et de j à i pour certaines villes canadiennes.

T_{ijk} : Volume de passagers entre i et j par le mode k .

T_{ki} : Nombre de voyages fait par une personne ou un ménage i pour l'activité k pour une période donnée.

AT_{ij} : Déplacements origine-destination entre la zone i et j pour les villes de la région Atlantique du Canada.

- $X_{i,j}$: Voyages par familles i.e. le nombre de voyages à destination de j par familles pour le groupe de revenu i à partir des aéroports New Yorkais pour l'année 1963.
- $q(i,j|A,S,H_1)$: Quantité d'aller-retours vers la zone j par un individu de la zone i utilisant le mode A avec but S à la période de la journée H_1 .
- $ITN_{i,j}$: Déplacements origine-destination des avions itinérantes (sans localisation fixe).
- D : Vecteur spécifique à la ville (i ou j) et décrivant les niveaux d'activité socio-économique.
- SE : Vecteur des caractéristiques socio-économiques des voyageurs pouvant être associé au mode et au but du voyageur.
- S : Variables socio-économiques relatives aux villes en origine ou en destination.
- RS : Ventes au détail per capita pour la région étudiée.

- MRI : Indice du rendement du marché pour la région étudiée.
- I : Nombre de personnes en origine et en destination avec des revenus supérieurs à 20 000 \$.
- TR : Ratio transitoire mesuré en terme de vente per capita dans les hôtels de la ville étudiée.
- G" : Attrait de la ville étudiée i.e. le résidu de la régression logarithmique du nombre d'appels téléphoniques sur les tarifs du téléphone et la population.
- PFA : Facteur de proximité de la population mesuré en terme de la population de la plus grande ville dans un rayon de 150 milles de la ville étudiée par rapport à la population de la ville étudiée.
- PFB : Facteur de proximité de la distance mesuré entre la ville d'origine et la ville ayant une plus forte population, et ce, divisé par la distance entre les villes d'origine et de destination étudiées.
- A_{ki} : Vecteur des indices d'accessibilité pour les modes .

reliant les sites relatifs à l'activité k .

X_1 : Nombre de cols blancs pour chaque paires de villes.

CF : Facteur caractéristique d'une ville mesuré en terme du pourcentage d'emploi dans les secteurs miniers et manufacturiers.

W : Salaire horaire i.e. salaire horaire moyen des gérants et professionnels.

WL : Facteur de richesse mesuré par l'indice du pouvoir d'achat qui est le ratio de la vente au détail per capita et de la moyenne nationale des ventes au détail per capita.

P, G' ou Pop : Population de la ville étudiée.

P_{ki} : Vecteur du potentiel spatial pour l'activité k disponible à l'individu i .

USD : Variable auxiliaire décrivant les villes des Etats Unis.

FD : Variable auxiliaire décrivant les régions étrangères aux

régions Atlantiques.

APD : Variable auxiliaire décrivant les provinces Atlantiques.

AD : Variable auxiliaire décrivant les aéroports des maritimes.

Y : Pour Andrikopoulos et Baxevanidis c'est le revenu moyen par famille (Y_1) et le nombre de familles avec un revenu annuel supérieur à 10 000 \$ (Y_2). Pour Gronau, c'est le revnu moyen du groupe de revenu étudié. Pour Pinton, c'est le revenu moyen des voyageurs. Pour Sobieniak, c'est le revenu disponible personnel moyen per capita.

WEL : Facteur de bien-être mesuré en terme de pourcentage des ménages avec un revenu annuel supérieur à 10 000 \$.

INC : Revenu per capita.

IRI : Indice du taux de revenu.

TOAD : Variable auxiliaire décrivant le type d'aéroports des maritimes.

- Z : Prix des services pour le transport aérien.
- p : Vecteur des composantes du coût de transport associé aux voyages faits par les individus par un certain mode, pour un certain but et à une certaine période de la journée.
- C : Coût du voyage en train (pour Pinton).
- F : Tarif aérien économique.
- X_z : Distance entre les villes d'origine et de destination.
- d ou DIST : Distance entre les villes d'origine et de destination.
- D : Pour Pinton, fréquence du train.
- ATT : Temps du voyage aérien.
- T : Pour Gronau, temps de parcours le plus rapide pour l'avion.
- t : Vecteur des composantes du temps de transport associé aux voyages faits par un certain mode de transport, avec

un certain but, et à une certaine période.

H : Pour Finton, temps de voyage en train.

VARIABLES DEPENDANTES	AUTEURS					
	1	2	3	4	5	6
Déplacements Origine-Dest.		AT_{ij}	AT_{ij}			
Déplacements/ revenu ménager				X_{ij}		
Déplacements totaux	T_{ij}				T_{ij}	T_{ij}
VARIABLES EXPLICATIVES						
Constante				b_0		K
Activité économique					$D_i D_j$	
Attrait de la ville			$I_i I_j$		S_{ij}	TR_i TR_j
Caractéristique de l'emploi	X_1					CF_i CF_j
Facteur de proximité				G'_j		PFA_{ij} PFB_{ij}
Facteur de richesse				π_{ij}		WL_i WL_j
Population	$P_i P_j$	$P_i P_j$		G'_j		$P_i P_j$
Potentiel spatial						
Revenu	$Y_1 Y_2$			Y_i		WEL_i WEL_j
Auxiliaire						

TABLEAU 1
Modèles des différents auteurs

VARIABLES DU RESEAU	AUTEURS					
	1	2	3	4	5	6
Coût	Z_{ij}					
Distance	X_2					d_{ij}
Fréquence						
Temps		ATT	ATT	T_j		
FORMES FONCTIONNELLES						
Linéaire			X			
Logarithmique		X		X		X
Non spécifiée	X				X	

TABLEAU 1
Modèles des différents auteurs

VARIABLES DEPENDANTES	AUTEURS				
	7	8	9	10	11
Déplacements Origine-Dest.					
Déplacements/ revenu ménager					
Déplacements totaux	q_{ij}	T_{ijk}	T_{ij}	T_{ij}	ITN_{ij}
VARIABLES EXPLICATIVES					
Constante		α_0	K_1		
Activité économique	SE_i SE_j	$S_i S_j$		S_i	$RS_i RS_j$ $MRI_i MRI_j$
Attrait de la ville					
Caractéristique de l'emploi					
Facteur de proximité				A_{ki}	
Facteur de richesse					
Population			$P_i P_j$		$Pop_i Pop_j$
Potentiel spatial				F_{ki}	$USD FD$ $APD AD$
Revenu		Y_{ij}	$Y_i Y_j$		$INC_i INC_j$ $IRI_i IRI_j$
Auxiliaire					TOAD

TABLEAU 1
Modèles des différents auteurs

VARIABLES DU RESEAU	AUTEURS				
	7	8	9	10	11
Coût	P_{ij}	C_{ij}	F_{ij}		$DIST_{ij}$
Distance					
Fréquence		D_{ij}			
Temps	t_{ij}	H_{ij}			
FORMES FONCTIONNELLES					
Linéaire					X
Logarithmique		X	X		
Non spécifiée	X			X	

TABLEAU 1
Modèles des différents auteurs

La revue est présentée par ordre alphabétique des auteurs pour faciliter l'association entre le numéro d'auteur dans le tableau et le numéro de la section de la revue concernant le ou les auteur(s).

Dans la première section apparaît l'article d'Andrikopoulos et de Baxevanidis. L'originalité d'Andrikopoulos et Baxevanidis est de traiter la demande en transport selon la théorie économique traditionnelle. L'approche est intéressante mais notre attention se porte sur le choix des variables socio-économiques qu'ils ont effectués.

Dans la section suivante, nous analysons l'aspect socio-économique du livre, maintes fois cité, de Gronau. La revue comporte aussi un article de Sobieniak traitant de la demande en transport aérien pour le Canada sur une longue période. Ce n'est pas seulement le choix des variables qui nous intéresse ici, mais aussi certains résultats qui nous seront utiles pour la modélisation. C'est aussi le cas pour les travaux de Darrow et Wilson et de Wilson et Kohn.

Kanafani retient notre attention pour les suggestions qu'il propose quant à la forme fonctionnelle d'un modèle de la demande en transport aérien. Il suggère des variables à

inclure tout en mettant le lecteur en garde contre certains choix s'avérant douteux.

Dans la première partie de son mémoire, Keesler traite du choix de certaines variables socio-économiques pour le transport aérien. C'est cette partie de l'article qui sera revue et commentée.

Meyburg, quant à lui, étudie la relation existant entre les diverses variables (de réseau et socio-économiques) de la demande en transport interurbain. Nous pouvons donc, à l'aide des résultats obtenus, tenter de déceler les problèmes possibles de multi-collinéarité.

Pinton couvre, en partie, plusieurs aspects débattus par les auteurs précédents et donne son apport quant au choix des variables socio-économiques. Nous terminons la revue par les autres contributions (Kraft et Wohl, Vickerman, rapports de Transport Canada) et concluons par un rassemblement des principaux points qui seront développés dans les chapitres suivants.

1.1 Modèle d'Andrikopoulos et Baxevanidis

Andrikopoulos et Baxevanidis [1] considèrent la demande en transport aérien de la même façon que la théorie économique traditionnelle traite la demande pour tout autre bien. Cette demande est évaluée en terme de prix relatifs, du revenu et du goût des gens [1,p.341].

1.1.1 Forme du modèle

La fonction de demande est de la forme :

$$T_{ij} = f(Z_{ij}, (P_i P_j), Y_1, Y_2, X_1, X_2)$$

où T_{ij} = nombre de passagers entre l'origine i et la destination j .

Z_{ij} = prix des services pour le transport aérien

$P_i P_j$ = population des villes i et j respectivement

Y_1 = revenu moyen par famille dans les villes d'origine et de destination

Y_2 = nombre de familles avec un revenu annuel supérieur à 10 000 \$ pour chacune des paires de villes

X_1 = nombre de cols blancs pour chaque paires de villes

X_2 = distance entre les deux villes

Le choix de la variable prix du service est évident. Ils ont choisi le produit des populations car celui-ci peut être considéré comme une variable d'interaction mesurant le nombre potentiel d'utilisateurs. La variable revenu est utilisée pour les raisons usuelles en économie i.e. pour capter l'effet revenu du bien. La seconde variable de revenu a été choisie pour tester un argument empirique fréquemment rencontré dans les travaux à ce sujet et qui veut que plus de la moitié des gens utilisant l'avion font parti de ménages ayant un revenu de 10 000 \$ et plus. Le nombre de cols blancs a été sélectionné pour refléter le fait que la probabilité qu'un adulte utilise l'avion est associée à son niveau d'éducation, son occupation et le type de ville dans laquelle il vit. La variable nombre de cols blancs sert, selon les auteurs, de variable auxiliaire aux variables éducation et occupation. D'autres variables, notent les auteurs, pourraient être incluses pour expliquer la demande telles que les facteurs technologiques, la structure de la compétition etc. Ces variables ne sont pas employées dans leur modèle à cause du manque de données à ce sujet.

1.1.2 Résultats

Les estimations ont été faites pour le marché canadien avec les villes de Montréal et Toronto comme villes d'origine et de destination. L'équation fut estimée avec la forme log-linéaire pour les années 1961 et 1971. Des variables énumérées plus haut, les auteurs ne retinrent que celles qui étaient les plus significatives pour leur modèle.

Suite aux estimations, ils découvrirent que la fonction de demande était expliquée avec cohérence seulement lorsque les variables prix, le nombre de cols blancs et la distance font partie du modèle.

Des tests de stabilité ont été appliqués aux divers coefficients et ils arrivèrent en gros aux conclusions suivantes : les changements structurels en terme de population et d'activités économiques sont les facteurs explicatifs les plus puissants de la demande aérienne domestique au Canada. La demande aérienne, par ailleurs, devient, avec le temps, moins sensible (inélastique) aux variables prix et distance. [1, p.353]

1.1.3 Commentaires

Les auteurs utilisent des variables très intéressantes. Des variables telles que le revenu, le nombre de cols blancs et le nombre de ménages avec un revenu supérieur à 10 000 \$ peuvent possiblement apporter beaucoup d'explications. Il faut cependant noter l'absence de variables du réseau i.e. la fréquence du mode et le temps de parcours. Le temps de parcours peut être approximé par la distance mais la fréquence n'a pas de substitut dans ce modèle.

L'absence d'une nette démarcation entre les villes d'origine et de destination est à déplorer. Il est important de faire une distinction entre les variables suivant qu'elles décrivent les villes d'origine ou de destination. Dans leur cas les données ne le permettent malheureusement pas car, comme nous le verrons plus loin, une telle distinction permet de séparer les variables dites de génération et d'attraction des déplacements. En origine, on doit tenir compte surtout des caractéristiques des ménages expliquant ainsi les tendances à se déplacer des gens. En destination la structure économique de la ville explique l'attraction des gens pour cette dernière.

1.2 Modèle de Darrow et Wilson

Cet article de Darrow et Wilson [4] a pour but de souligner le développement des modèles de demande en transport aérien à être utilisé pour estimer la demande des voyageurs entre des points situés dans la région Atlantique présentement sans service aérien.

Dans ce travail, la demande en transport aérien est considérée comme étant une fonction des facteurs générant les déplacements, des variables d'impédance et des facteurs de compétition modale.

En ce qui concerne les variables possibles pour décrire les facteurs générant les déplacements, les auteurs suggèrent la population zonale, la population urbaine, l'indice de revenu (le nombre de personnes dans la zone avec un revenu supérieur à 20 000 \$), le revenu disponible, le revenu per capita et le secteur spécial d'emploi (le nombre de personnes employées dans le secteur public, dans la défense et de degré de scolarisation plus élevé).

Les variables d'impédance, quant à elles, sont

représentées par le temps de transport aérien et le temps de transport automobile entre les lieux d'origine et de destination.

La compétition entre les modes est définie par la différence et le ratio entre le temps automobile et aérien.

La méthode de sélection des variables est celle usuellement employée i.e. test t et F, R^2 etc..

Trois différentes régressions ont été effectuées: Une régression pour les déplacements inférieurs à 600 milles, une pour ceux excédant 600 milles et une dernière pour tous les déplacements. On fait cette distinction puisqu'on suppose que les gens doivent se reposer environ 10 à 12 heures suite à des voyages dépassant 600 milles.

1.2.1 Forme du modèle

Les modèles finaux pour chacune des régressions sont des extensions du modèle traditionnel de gravité. Ils utilisent aussi les relations linéaires et log-linéaires pour

déterminer quelle forme apporte les meilleurs résultats.

Dans le cas des voyages avec distance inférieure à 600 milles, la forme log-linéaire est la meilleure et représentée par la fonction suivante :

$$AT_{i,j} = \alpha (P_i P_j)^{\beta_1} (ATT)^{\beta_2}$$

Pour ceux excédant 600 milles la forme linéaire est de mise :

$$AT_{i,j} = \alpha + \beta_1 I_i I_j + \beta_2 ATT$$

Pour les voyages toutes distances, on a aussi la forme linéaire :

$$AT_{i,j} = \alpha + \beta_1 I_i I_j + \beta_2 ATT$$

où $AT_{i,j}$ = voyages aérien (déplacements origine-destination) entre la zone i et j .

$I_i I_j$ = produit du nombre de personnes en origine et en destination avec des revenus supérieurs à 20 000 \$.

$P_i P_j$ = produit de la population des zones en origine et en destination.

ATT = temps de voyage aérien entre l'origine et la destination.

1.2.2 Résultats

Les auteurs expliquent les résultats obtenus en prétendant qu'il aurait été facile d'obtenir de meilleurs R^2 que ceux obtenus mais ceci au détriment d'une multi-collinéarité. Par exemple, lorsqu'ils introduisent la variable revenu disponible, l'estimateur du coefficient correspondant a des valeurs négatives. Ce qui, en général, n'est pas le résultat attendu. Ils soulèvent aussi que les secteurs d'emplois présentent une grande corrélation avec la population et le revenu. Ils ont inclus ces dernières parce qu'elles apportaient plus d'explication au modèle. Les variables exprimant la compétition modale n'apportent pas d'explications supplémentaires au modèle. Ils concluent en suggérant d'utiliser des modèles simples pour ainsi éviter la multi-collinéarité.

1.2.3 Commentaires

L'article débute bien en nous présentant les variables socio-économiques possibles pour évaluer la demande en transport aérien. Les variables suggérées sont celles qui sont habituellement utilisées pour de tels modèles.

Leur analyse manque de rigueur lorsqu'ils indiquent le choix des variables et des formes fonctionnelles. Autant ils étaient explicites sur les variables autant ils évitent de discuter des méthodes et des façons dont ils sont arrivés à leurs résultats. Comment expliquer l'absence de variables de réseau telles le coût et la fréquence ?

Finalement, on n'explique pas quels sont les régions étudiées. Bien qu'un graphique des régions maritimes soit présenté, on n'indique pas si Montréal représente le territoire de la C.U.M. ou, au contraire, la ville ainsi que sa banlieue. Les auteurs n'expliquent pas non plus comment les données ont été recueillies.

1.3 Modèle de Gronau

L'apport de Gronau se situe dans le débat concernant la valeur du temps pour les différents types de voyageur pour le mode aérien. Les variables socio-économiques et la comportement de celles-ci à l'intérieur de son modèle représentent vraiment un intérêt pour nous.

1.3.1 Forme du modèle

Tout comme plusieurs autres auteurs, Gronau utilise la forme logarithmique pour estimer les paramètres de son modèle. Le modèle prend donc la forme suivante :

$$\log X_{ij} = b_0 + b_1 \log(P_{ij} + k_1 WT) + b_2 \log Y_i + b_3 \log G_j' + b_4 G_j''$$

où

X_{ij} = voyages par familles i.e. le nombre de voyages à destination de j par familles pour le groupe de revenu i à partir de New York pour l'année 1963.

G_j' = population de la destination j, mesurée en milliers.

G_j'' = attrait de la ville j, i.e. le résidu de la régression logarithmique du nombre d'appels

téléphoniques sur les tarifs du téléphone et la population.

- Y_i = revenu i.e. le revenu moyen pour le groupe de revenu i mesuré en dollars par année.
- T_j = temps de parcours entre N.Y et la ville j (basé sur le temps de vol le plus rapide en destination de j) mesuré en heures
- K_i = prix du temps i.e. la valeur que le voyageur donne à son temps en dollars par heures (= KW_i)
- P_j = tarif économique aérien moyen entre New York et la ville de destination j mesuré en dollars
- $\pi_{i,j}$ = prix du voyage équivalent à $P_j + K_i T_j$ mesuré en dollars
- W_i = salaire horaire i.e. salaire horaire moyen des gérants et professionnels (ou gérants et professionnels mâles)
- k = le ratio entre le prix du temps et le salaire horaire i.e. K_i/W_i

A ce stade, une explication du choix des variables de son modèle s'impose. La variable revenu peut servir soit comme mesure de l'habilité du voyageur à payer pour son déplacement ou soit comme variable auxiliaire pour ses qualifications. Les variables G_j' et G_j'' représentent des variables d'attraction de la ville en destination.

Les fonctions de demande pour les voyages à destinations variées diffèrent par rapport à l'attraction du

point de destination, celle-ci étant déterminée par les facteurs affectant la demande pour les visites, le degré de substitution entre les voyages et les "inputs" qui leurs sont apparentés, le prix de ces "inputs", et la part du prix du voyage dans les coûts totaux de la visite.[6,p.41]

1.3.2 Données et estimations

Les données de Gronau tirent leur origine d'une enquête effectuée parmi un échantillon représentatif des voyageurs pour les aéroports de New York pour l'année 1963. Chaque passager devait remplir un formulaire portant sur ses caractéristiques socio-économiques (âge, sexe, profession etc.), la fréquence d'utilisation du transport aérien et les caractéristiques du voyage en cours (origine, destination, but, durée, classe et le mode utilisé pour se rendre à l'aéroport). Nous sommes donc en présence d'un modèle utilisant des données origines-destinations mais par contre nous ne pouvons déterminer le lieu de résidence de l'individu.

Gronau classifia les informations concernant les voyageurs par rapport à leurs revenus et à leurs destinations.

Il constitua un échantillon des 38 destinations les plus utilisées de New York chacuns composés de 10 groupes de revenu résultant ainsi un total de 380 observations. Chacunes des cellules comprenant le nombre de passagers par voyages furent divisées par le nombre de familles appartenant à cette classe de revenu. L'auteur exécuta séparément cette procédure pour les voyages d'affaires et les voyages personnels.

Examinons maintenant comment ont été construites chacunes des variables explicatives. Pour les passagers dont le salaire ne dépassait pas 10 000 \$, le point milieu de chacun des sous-groupes de revenu fut choisi comme étant le revenu représentatif; les valeurs moyennes d'une distribution Pareto furent utilisées pour les groupes avec un revenu supérieur. [6, pp.43-44]

Les données correspondant au salaire horaire sont basées sur 1/1000 de l'échantillon de la population du recensement de 1960. Les salaires horaires furent estimés en divisant le salaire annuel d'une personne par l'estimé de ses heures de travail annuel. Ce chiffre fut pondéré par le nombre de personnes dans le même groupe de revenu pour permettre d'estimer le salaire horaire moyen. De plus, la majeure partie des voyageurs d'affaires appartiennent à un groupe

professionnel. Donc pour mesurer le salaire horaire d'affaires, Gronau utilisa le revenu moyen de ces occupations. Ce groupe comporte aussi une bonne proportion d'hommes; le taux de salaire moyen de celui-ci fait partie d'une des expériences de l'auteur. Il en fut de même lors de l'estimation des voyages personnels.

En ce qui concerne le temps et le tarif aérien, l'auteur en arrive à la simplification suivante : il utilisa un estimé du tarif régulier et le temps de parcours écoulé le plus rapide, auxquels il a ajouté les estimés provenant du "Official Air Line Guide" de 1963 pour le coût d'une limousine et le temps moyen automobile pour se rendre du centre-ville à l'aéroport des deux terminus. [6,p.45]

L'explication des variables d'attraction décrites plus haut est suffisante pour montrer la manière dont l'auteur les a construites.

Pour corriger l'hétéroscédasticité, lors de l'estimation, due aux différents nombres d'observations dans chaque cellule, Gronau utilisa la méthodes des moindres carrés généralisés pondérés (par le revenu moyen des individus dans un premier temps et par le revenu moyen des professionnels par la

suite) telle que décrite par Prajs et Houthakker dans "The Analysis of Family Budgets".

1.3.3 Résultats

Pour chacun des cas, il s'agissait de trouver la valeur de k qui optimisait la régression quant au R^2 . L'auteur effectua une double estimation en se servant, dans un premier temps, du taux de salaire moyen sans distinction puis, dans un second temps, du taux de salaire moyen des hommes.

Nous pouvons tirer diverses remarques de son expérimentation. Comme il le souligne, les déterminants majeurs de la demande en transport aérien sont l'habileté professionnelle du voyageur et sa place dans la hiérarchie organisationnelle, tels que représentés par son revenu [6,p.47]. Cette dernière explication, selon les résultats obtenus, explique plus de la moitié des déplacements.

L'auteur souligne aussi des différences selon que le but du voyage soit d'affaires ou d'agrément. En effet : l'effet que le revenu a sur les voyages personnels diffère conceptuellement de l'effet qu'il a sur les voyages d'affaires. Pour les voyages personnels, le revenu mesure l'habileté du passager à payer pour son déplacement, tandis que pour les voyages d'affaires c'est une variable auxiliaire pour les

habiletés du passager et, ainsi la différence entre son produit marginal au point d'origine et au point de destination. Une comparaison entre les élasticités est alors sans fondements.

Il remarque aussi que les gens se déplaçant pour affaires sont plus sensibles à un changement de prix du voyage que ceux se déplaçant pour agrément. Gronau explique ce fait par les différences qui existent entre les deux groupes de voyage en ce qui a trait à la fréquence, à la durée des voyages et du biais résultant d'une mauvaise mesure du facteur d'attraction.

En ce qui concerne les variables population et attrait, nous remarquons que pour l'ensemble des régressions le coefficient de la variable population se situe à près de 0.75 et celui de l'attrait à près de 1.00, avec des statistiques t très élevées.

Les signes sont bien ceux attendus. Mais il faut remarquer que la valeur obtenue pour l'attrait était prévisible, juste de la façon dont celle-ci fut construite. La demande en appels interurbains entre deux villes nous indique les liens entre celles-ci. Donc, l'utilisation des résultats de la régression évaluant la demande en transport aérien a le

même effet que si nous utilisions la demande pour les chaussures droites comme variable explicative de la demande pour les chaussures gauches!!! Cette méthode n'est pas très utile pour fin de prévisions.

Sur la base du R^2 le plus élevé, la valeur du temps pour les voyageurs d'affaires représente approximativement le taux de salaire horaire du groupe étudié. De plus, dans des estimations subséquentes, Gronau réussit à démontrer qu'il n'existe aucune relation entre la valeur du temps et la distance et que pour l'ensemble des voyageurs d'affaires de New York la valeur du temps égale le taux de salaire horaire.

Pour ce qui est des voyages personnels, il fut incapable d'en arriver à un estimé de la valeur du temps. Il obtint ses meilleurs résultats lorsqu'il posa comme hypothèse une valeur nulle pour le temps des voyages personnels. La seule conclusion que Gronau en tire est que le degré de substitution du temps entre le travail et les autres activités est bas. Il estime donc qu'un travail plus approfondi en ce sens est requis.

1.3.4 Commentaires

Comme points positifs, nous pouvons souligner l'apport de son oeuvre dans le débat entourant la valeur du temps. Il a aussi réussi à démontrer qu'il est important de connaître le but du voyage pour fin d'estimation.

Il est permis cependant de douter de la validité de ses résultats quant à l'apport du revenu dans l'équation. En effet, puisque la variable endogène est décrite comme le nombre de déplacements par famille par tranche de revenu et que la variable revenu de l'équation représente la moyenne de chacune de ces classes de revenu, il n'est donc guère surprenant que la part que prend cette variable dans l'explication du modèle soit énorme et qu'ainsi on obtienne pour chacune des équations estimées un R^2 très élevé. Une construction différente de la variable dépendante aurait très certainement généré des résultats très différents, car nous verrons qu'en général, dans la littérature à ce sujet, l'apport du revenu est rarement autant significatif.

Il faut aussi souligner que Gronau, tout comme Keesler (on le verra plus loin), ne tient pas compte du prix des

substituts.

La forme fonctionnelle demeurant la même implique que, pour son modèle, les coefficients estimés sont les mêmes pour toutes les tranches de revenu. Mais nous savons qu'une variation dans le prix du bien n'aura pas le même effet sur la demande dépendamment de la classe de revenu. L'auteur reconnaît cependant cette lacune lorsqu'il souligne qu'une comparaison de l'élasticité revenu est inutile.

1.4 Modèle de Kanafani

Kanafani [7] ne présente pas d'études empiriques. Il décrit cependant la fonction théorique qui devrait être employée de même que les variables à utiliser.

1.4.1 Forme du modèle

La structure générale pour les modèles avec paires origine-destination est du type du modèle de gravité. La fonction de demande est définie par :

$$T_{i,j} = T(D_i, D_j, S_{i,j})$$

où $T_{i,j}$ = trafic aérien entre les villes i et j

D = vecteur spécifique à la ville et décrivant le niveau d'activité socio-économique

S = vecteur des caractéristiques d'offre de transport

Il utilise D_i et D_j pour souligner que la détermination de la génération et de l'attraction de la demande peut varier. Kanafani met aussi en garde les analystes contre les changements structurels dans le système.

Dans ce cas, les changements dans le système peuvent affecter la demande en transport pour une paire de villes et provoquer ainsi une situation de choix de destination, et, dans un tel cas, un modèle de distribution du choix des destinations est plus approprié par rapport à un simple modèle origine-destination. [7,p.256]

Comme variables socio-économiques, Kanafani suggère d'en utiliser trois: la population, l'emploi et le revenu disponible. La population doit représenter la région métropolitaine desservie par l'aéroport et non la ville uniquement. L'emploi total est une mesure du niveau de l'activité économique qui génère et attire les déplacements. On peut utiliser par exemple comme indice, l'emploi manufacturier et non-manufacturier. Le revenu disponible est mesuré sur une base per capita. Lorsque l'information sur la distribution du revenu est disponible, elle est souvent transformée en indice pondéré population-revenu et est utilisée comme mesure du "potentiel" dans le modèle de gravité (voir appendice 1).[7,p.257]

Kanafani utilise cinq variables d'offre : le tarif aérien, le temps de transport, la distance, la fréquence du service et les autres attributs du niveau de service. Le

tarif est en général une moyenne de tous les tarifs pour le chemin le plus court entre les deux villes. Le temps est aussi mesuré pour la route la plus directe. Cette variable permet une séparation entre les coûts monétaires et temporels du voyage par avion. La distance est souvent utilisée comme variable auxiliaire du temps. En général, Kanafani suggère de ne pas l'utiliser avec les deux précédentes car cela provoque de la multicolinéarité. La fréquence est une variable qui décrit la convenance de voyager entre deux villes. Plus grand est le nombre de vols, plus les départs et arrivées ont de chances de convenir à tous et chacun [7,p.257]. Les autres variables incluent les horaires des envolées, les routes et les types d'équipement.

Kanafani met en garde les analystes contre l'utilisation de coupes transversales sans se soucier du fait que le même modèle ne peut toujours être utilisé pour toutes les paires de ville. Pour contourner ce problème il suggère d'agréger les données de deux manières : soit sur la base de la distance parcourue, soit par rapport à la grandeur des marchés.

1.4.2 Commentaires

Le point de vue de Kanafani peut être considéré comme texte de base pour celui qui veut estimer la demande en transport aérien. Le profane trouvera tous les ingrédients nécessaire pour effectuer cette estimation. Nous devons cependant reprocher à Kanafani le manque de précision dans sa description des variable, car il ne mentionne pas lesquelles sont supérieures se contentant de faire quelques suggestions. De plus, pour tenir compte des différences de marché, nous pouvons utiliser des variables (telles le prix des modes substitués) tenant compte de celles-ci, évitant ainsi l'estimation de plusieurs fonctions de demande.

1.5 Modèle de Keesler

Le but de la recherche de Keesler [10] était de trouver une relation entre la demande en transport aérien et certains facteurs économiques et démographiques.

La partie de son travail qui nous intéresse est lorsqu'il discute du choix des variables socio-économiques de même que des conclusions qu'il en tire quant à l'importance que celles-ci peuvent apporter à un modèle de transport aérien.

1.5.1 Forme du modèle

Le modèle de Keesler est une généralisation du modèle de gravité (appendice 1). La transformation logarithmique de son modèle permet d'utiliser la régression linéaire multiple pour fin d'estimation.

Le modèle, sous sa forme générale, devient :

$$\begin{aligned} \log T_{i,j} = & \log K + b_1 \log(P_i P_j) + b_2 \log d_{i,j} + \\ & b_3 \log(WL_i WL_j) + b_4 \log(PFA_i PFA_j) + \\ & b_5 \log(PFB_i PFB_j) + b_6 \log(CF_i CF_j) + \\ & b_7 \log(WEL_i WEL_j) + b_8 \log(TR_i TR_j) \end{aligned}$$

où

T = déplacements origine-destination tiré du "Air Transportation Association of America" et du "Civil Aeronautics Board" de 1962.

K = constante associée au modèle de gravité.

P = population des villes en origine et en destination.

d = distance entre la ville d'origine et de destination.

WL = facteur de richesse mesuré par l'indice du pouvoir d'achat qui est le ratio de la vente au détail per capita et de la moyenne nationale des ventes au détail per capita.

Keesler justifie le choix de cette variable ainsi : ce facteur est désigné pour tenir compte non pas de la richesse des individus ou des ménages, mais elle est incluse pour mesurer la position de la ville en tant que centre de marketing; en d'autres mots, son pouvoir d'achat.[10,p.46]

FFA = facteur de proximité de la population mesuré en terme de population de la plus grande ville dans un rayon de 150 milles de la ville étudiée par rapport à la population de la ville en question.

FFB = facteur de proximité de la distance mesuré par la distance entre la ville d'origine et la ville ayant une plus forte population et ce, divisée par la distance entre la ville d'origine et de destination.

L'utilisation de ces variables fait suite à cette réflexion : l'utilisation du transport aérien est aussi partiellement influencée par de nombreux facteurs de service tels que la fréquence des horaires et le nombre d'envolées sans arrêts. La commodité est tellement importante que les voyageurs utilisent souvent une combinaison des modes. Ils ont ainsi séparé ces effets en deux facteurs. Un facteur de

proximité tient compte de l'influence de la population des plus grosses villes. L'autre tient compte de l'influence de la distance. [10, pp.48-49]

CF = facteur caractéristique d'une ville mesuré en terme du pourcentage d'emploi dans les secteurs miniers et manufacturiers.

Cette variable est utilisée pour tenir compte de la classification des villes de la "Federal Aviation Agency". Cette agence dénombre quatre catégories économiques différentes : les centres de marketing, les centres industriels, les centres "équilibrés" ("balanced" dans le texte) et les centres institutionnels. En général Keesler s'attend à ce que les centres de marketing génèrent plus de trafic que les centres industriels. Mis à part le caractère d'échange d'un centre de marketing, il remarque que les résidents d'un tel centre sont plus riches que les résidents de centres industriels et que d'importants services et institutions s'établissent dans ces centres.

Le fait d'utiliser le pourcentage d'emploi dans les secteurs miniers et manufacturiers s'explique ainsi : si ce pourcentage est élevé, l'auteur s'attend à ce que la ville soit

primordialement de nature industrielle avec une faible capacité de générer du trafic. Réciproquement, un bas pourcentage pourrait indiquer qu'il n'y a pas d'activités industrielles ou d'entreprises dans la communauté, ce qui pourrait attirer de potentiels voyageurs aériens.[10,p.50]

WEL = facteur de bien-être mesuré en terme de pourcentage des ménages avec un revenu annuel supérieur à 10,000 \$.

TR = ratio transitoire mesuré en terme de vente per capita dans les hôtels de la ville.

Ce ratio est utilisé pour les raisons suivantes : plusieurs villes attirent des voyageurs beaucoup plus que leur potentiel peut l'indiquer. La ville peut être une capitale ou un lieu de villégiature, ou il peut y avoir des bases militaires et/ou des universités. Dans plusieurs cas, de telles villes sont de bien meilleures génératrices de trafic aérien que d'autres villes de même grandeur.[10,p.51]

1.5.2 Données et estimations

Keesler utilise les données du trafic aérien de la "Civil Aeronotics Board" de l'année 1962 et ce pour plus de 500 paires de villes différentes. Les statistiques produites par cette agence sont fondées sur un échantillonnage de 10% de tous les billets vendus.

Keesler se sert du nombre total de déplacements entre les paires de villes. Le trafic total entre une paire de villes reflète non seulement la demande des personnes pour ce marché mais aussi la demande d'autres villes.

Avant de passer aux estimations, Keesler classe l'échantillon selon trois types de critères pour différencier les marchés. Une première classification se fait selon la taille de la population (on dénombre cinq groupes de population classés entre 50,000 et plus de 1,000,000 d'habitants). Une seconde distingue six régions d'est en ouest et du nord au sud. La dernière représente la classification économique des villes telle que décrite plus haut i.e. les centres de marketing, industriels, institutionnels et "équilibrés".

Ces classifications sont nécessaires selon lui afin de rendre les marchés homogènes et ainsi effectuer de meilleurs prévisions.

1.5.3 Résultats

Keesler analyse chacune des variables de son modèle selon l'importance et la signification de celles-ci.

En général, le facteur de bien-être ou ventes au détail, devrait être positivement corrélié avec le trafic. En conclusion, nous devrions nous attendre à ce que peu importe la nature de son commerce, une ville qui comporte beaucoup de richesse, tel que mesuré par ses ventes au détail, agit comme un aimant et attire des visiteurs à ses magasins de détail.
[10 ,p.55]

Pour résumer les résultats obtenus par Keesler quant à la variable distance, il importe ici de reproduire les deux tableaux qu'il a présenté :

Direction de l'accroissement de la valeur absolue
de l'exposant de la distance pour les
déplacements inter et intra groupes
- groupes économiques

Marketing "Equilibré" Institutionnel Industriel

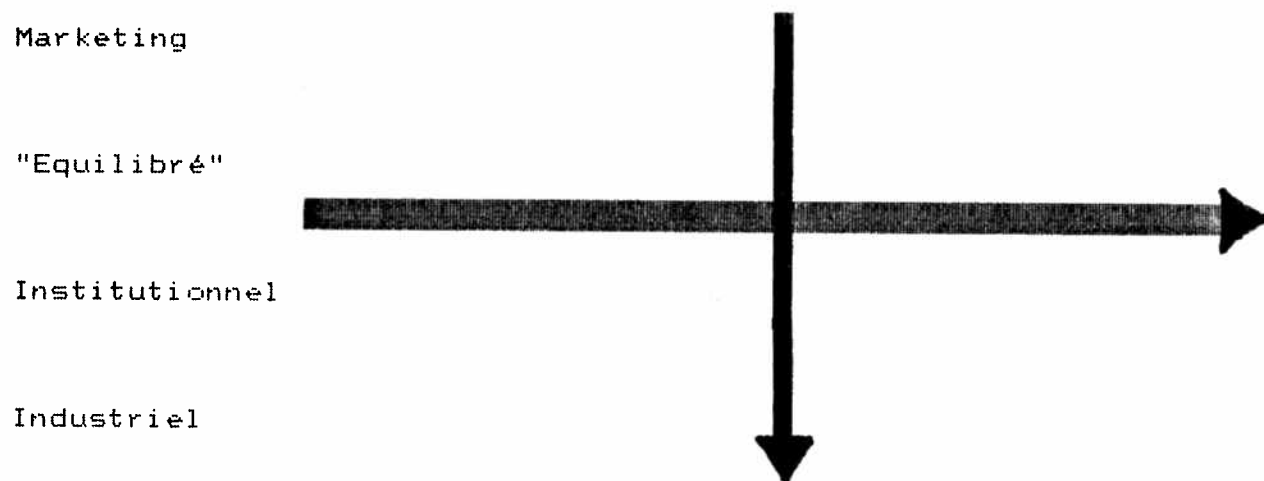


Tableau 2

Direction de l'accroissement de la valeur absolue
de l'exposant de la distance pour les déplacements
inter et intra groupes
- groupes de population

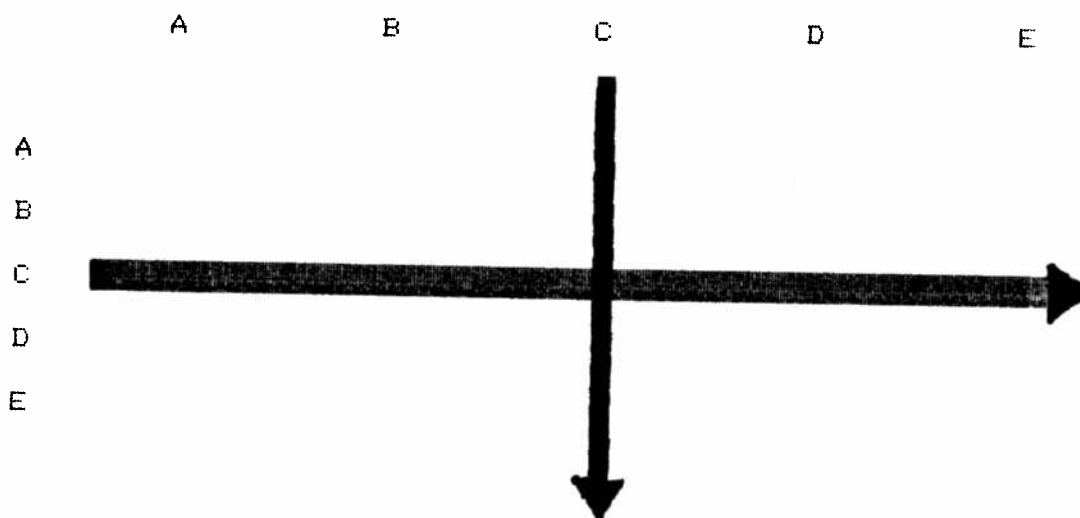


Tableau 3

tiré de Keesler [10, p. 58]

Le premier tableau nous indique que la valeur du coefficient de la distance s'accroît avec les différents marchés. De la même façon, le second tableau nous montre l'importance de la distance par rapport à la population des villes étudiées.

La distance s'est avérée un facteur très important, particulièrement grâce à la démonstration de l'auteur sur l'influence de celle-ci sur le trafic aérien. C'est une influence définie qui dépend des caractéristiques économiques

et de la population des villes.

La distance est un facteur de résistance moindre pour les voyages impliquant de grandes villes et/ou des centres de marketing. Au fur et à mesure que la ville tend à diminuer en grosseur et/ou tend à devenir un centre industriel, une plus grande friction inhibant les voyages est créée.[10,p.81]

Le facteur des caractéristiques de l'emploi s'est avéré le facteur le plus important après le potentiel (produit des populations en origine et en destination) pour améliorer et renforcer la relation entre le trafic et les facteurs économiques et démographiques.

Toujours négativement corrélié, ce facteur n'a pas, selon l'auteur, démontré un comportement parfaitement progressif comme le facteur distance. Cependant, tout comme l'exposant de la distance, l'exposant du produit des facteurs des caractéristiques pour deux villes est négatif, vérifiant que plus le pourcentage des individus travaillant dans les mines et le secteur manufacturier est élevé, moins il y a de trafic entre ces villes.[10,pp.59-60]

En ce qui concerne la variable richesse, les résultats

ne sont pas ceux escomptés, surtout lorsque Keesler s'attaque aux très grandes et aux très petites villes.

Keesler ne peut tirer beaucoup d'informations du ratio transitoire. Ceci est dû en grande partie à la manière dont la variable a été construite puisque de bonnes données n'étaient pas disponibles à l'auteur lors de ses estimations. Il obtient les bons signes pour ces coefficients, mais ceux-ci sont très petits.

Les deux facteurs de proximité ont aidé à raffermir la relation entre le trafic aérien et les divers facteurs. En particulier, le facteur de proximité de la population s'est avéré être le plus utile. Les deux facteurs étant grandement corrélés entre eux, ceci a contraint Keesler à les utiliser un à la fois pour certaines régressions. Les résultats obtenus furent habituellement satisfaisants.

1.5.4 Commentaires

Le modèle comporte de nombreux points intéressants. Les variables socio-économiques qu'il utilise représentent pour

nous un vif intérêt. Ainsi il est un des rares auteurs qui utilise les caractéristiques de l'emploi dans une ville, des facteurs de proximité, d'attrait de la ville en origine et en destination, du bien-être des gens et de la richesse dans une même régression. Ce ne sont peut-être pas toutes des variables à utiliser, mais il soumet quand même plusieurs suggestions nous permettant d'essayer de nombreuses variantes. Par contre il existe certaines lacunes à son modèle, lui-même le reconnaissant.

En effet, la demande d'un individu pour un bien en théorie micro-économique est fonction de son revenu, du prix du bien en question et du prix de tous les autres biens sur le marché. Naturellement, en pratique nous n'utilisons pas le prix de tous les biens sur le marché pour évaluer la demande, sachant bien qu'un changement dans le prix d'un tableau de Picasso n'influencera pas la demande pour les automobiles. Mais nous savons qu'un changement de prix d'un bien complémentaire ou d'un bien substitut changera la demande de l'autre bien. Dans le cas qui nous intéresse, le coût et le temps de se déplacer par un autre mode de transport représente un facteur important de la demande de transport aérien. Aussi faut-il en tenir compte dans l'évaluation de la demande.

Un autre point important à souligner est que Keesler n'évalue pas la demande globale. En effet, il a évalué la demande totale pour chacune des estimations qu'il a produit. Il a donc tranché son échantillon en sous-groupes, mais il n'a pas estimé la demande pour le marché dans son entier. En estimant les coefficients de la variable distance, l'auteur trouve que le coefficient de celle-ci était plus important pour les petites villes que pour les grandes. Ce qui est le cas, mais si on observe les variables qu'il a employées pour faire sa régression, on remarque une absence de variables du réseau telles que le temps, le tarif et la fréquence du mode. Il n'est donc pas surprenant qu'il obtienne des chiffres si significatifs pour le coefficient de la distance. Il se contente d'évaluer la demande selon le type de population, les régions ou les caractéristiques économiques de chacune des villes.

Le fait d'estimer la demande avec plusieurs équations dépendamment du caractère des villes cache un problème économétrique. En effet, en voulant rendre son échantillon homogène Keesler a donc essayé d'éliminer, entre autres, la présence possible d'hétéroscédasticité. La présence de grandes villes dans son échantillon (New York, Los Angeles, Chicago etc.) peut facilement générer ce problème étant donné l'énorme

affluence entre ces villes. Il eut été probablement préférable de traiter ce problème par des techniques économétriques, évitant ainsi la perte de degrés de liberté. De plus l'auteur obtient peut-être de bons résultats en séparant ses marchés, mais il obtient aussi des coefficients différents pour chacune des variables. Ainsi s'il avait regroupé tous ses marchés il n'aurait probablement pas obtenu les résultats escomptés.

L'utilisation des variables socio-économiques peut être condamnée en utilisant les flux totaux. En effet les observations pour les variables socio-économiques concernent les villes d'origine et de destination, mais en utilisant le flux total pour un lien nous incluons alors des voyageurs qui ne résident ni dans la ville d'origine ni dans la ville de destination, faussant ainsi la description du voyageur typique pour ce lieu.

1.6 Modèle de Kraft et Wohl

Le travail que ces auteurs ont accompli sert de document de base à de nombreux chercheurs. Nous nous en sommes grandement inspiré du point de vue théorique.

Kraft et Wohl [11] suggèrent une façon de construire un modèle de transport. Puisque la demande en transport est une demande dérivée, il est nécessaire de tenir compte de diverses évaluations des caractéristiques du voyage lorsque l'objectif ultime du voyage varie. Une façon de classifier les objectifs du voyage est de désagréger les voyages selon le but. Une classification standard serait, selon les auteurs, la suivante: voyages pour le travail, pour magasiner, à buts sociaux, récréationnels, pour affaires personnelles ou pour aller à l'école.

Kraft et Wohl remarquent que certaines catégories de voyageurs sont moins sensibles, à court terme, à des changements dans les prix et les temps de transport. C'est vrai pour ceux qui voyagent pour travailler ou aller à l'école.

Les décisions quant à voyager sont faites simultanément

plutôt que séquentiellement. Un individu possède une demande fondamentale pour des biens et services finaux, et par le fait même pour se déplacer, qui dépend de ses caractéristiques sociales. Les équations de demandes doivent donc inclure des variables pour représenter les caractéristiques générant les déplacements pour les individus faisant partie d'une catégorie de voyageurs.

Kraft et Wohl soulignent aussi que les voyageurs peuvent être confrontés à plusieurs destinations, dépendamment du but du voyage. Nous verrons ce point plus en profondeur lorsqu'il sera question de l'apport de Vickerman.

Il faut aussi tenir compte de la compétition modale lorsque la décision de se déplacer a été prise. Kraft et Wohl soulèvent ici un point important qui se veut la base de ce travail. En effet les déplacements devraient décrire les aller-retours: les voyages devraient être décrits en terme d'un déplacement complet porte à porte et devraient inclure les coûts et les temps nécessaires pour avoir accès à une autoroute ou au système de transport en commun, et les temps et les coûts à la fin du déplacement pour aller du terminus à la destination finale. L'étude des déplacements devrait se faire sur la base des aller-retours.[11,p.213]

S'il le faut, nous devons tenir compte du choix des routes possibles, de l'heure du départ et même séparer les composantes du temps et du coût du voyage. Ces dernières pouvant avoir une influence plus ou moins grande selon le but du voyage. Selon que le mode utilisé soit privé ou public peut aussi influencer la façon dont nous devons estimer la demande.

1.6.1 Formulation du modèle de Kraft et Wohl

Kraft et Wohl formulent un modèle qui peut à la fois tenir compte des décisions du voyageur sans faire de distinctions entre la génération, l'attraction, la distribution, l'assignation des routes et le choix modal du voyage.

Kraft et Wohl développent un modèle pour un individu désirant magasiner, mais nous pouvons tout aussi bien généraliser pour tout autre type de voyageur. La méthode est la suivante:

Etape 1 : La demande est caractérisée par rapport au mode utilisé

Etape 2 : La demande est composée selon l'heure de la

journée à laquelle le voyage s'exécute.

Ces deux étapes désagrègent la demande par rapport au mode et au temps.

Etape 3 : Il faut incorporer toutes les composantes temps et coûts de chaque modes pouvant influencer le voyageur.

Cette étape représente le choix des variables du réseau

Etape 4 : Nous ajoutons les variables socio-économiques de deux façons. Premièrement, les variables socio-économiques caractérisant le lieu d'origine. Ces variables pouvant caractériser la situation socio-économique du voyageur. Deuxièmement, les variables socio-économiques caractérisant le lieu de destination. Ces dernières exprimant la désirabilité de la destination par le voyageur en considération du but du voyage.

La forme générale du modèle devient donc :

$$q(ij|A,S,H_1) = f[t(ij|A,S,H_1), t(ij|A,S,H_2), t(ij|R,S,H_2), p(ij|A,S,H_1), p(ij|A,S,H_2), p(ij|R,S,H_1), p(ij|R,S,H_2), SE_0(A,S), SE_0(j|A,S)]$$

où $q(ij|A,S,H_1)$ = La quantité d'aller-retours vers la zone j par un individu de la zone i utilisant le mode A, avec but S, à la période de la journée H_1 .

$t(ij|M,P,H_x)$ = Un vecteur des composantes du temps de transport associé aux voyages faits par les individus de la zone j par le mode M, avec but P, à la période H_x .

$p(ij|M,P,H_x)$ = Un vecteur similaire pour les composantes du coût de transport des usagers

$SE_0(M,P)$ = Un vecteur des caractéristiques

socio-économiques des voyageurs pouvant être associé au mode et au but du voyage.

$SE_{\alpha}(j|M,P)$ = Un vecteur des caractéristiques socio-économiques rendant la zone de destination j une attraction pour les voyages en mode M avec but P .

A désigne l'automobile, R le mode public, S représente un déplacement pour magasiner et H_x la x ième période de la journée.

Au plan théorique, le travail est complet. Cependant, en pratique nous pouvons être amenés à simplifier le modèle pour des raisons évidentes. Par exemple, il se peut qu'il n'y ait pas de variations pour les variables selon le temps de la journée (ce qui constitue une hypothèse fort raisonnable pour les voyages intercités). De plus nous pouvons aussi tenir compte que de deux composantes des variables temps et coût. Habituellement, il est préférable d'agréger les observations pour un groupe d'individu (les données ne nous permettant pas toujours d'observer les caractéristiques individuelles). Dans le cas où l'observation de données individuelles est possible, la meilleure méthode d'aggrégation est d'estimer les paramètres de chaque individu et d'agréger sur tous les individus de la zone. Dans le cas contraire, les temps de transport, les prix et les caractéristiques socio-économiques doivent bien représenter ces valeurs pour tous les individus au lieu d'une

personne spécifique dans la zone à l'étude." [11,p.216]

Pour assurer que l'ampleur de la population n'influence pas la quantité demandée par un individu typique d'une zone, il faut que le nombre de déplacements par personnes soit indépendant du nombre de personnes: le modèle devrait avoir une mesure du nombre de personnes représentées... et le modèle devrait être linéaire homogène par rapport à la mesure de la population.[11,p.216]

1.7 Apport de Meyburg

Le modèle de Meyburg [14] diffère de tous les autres en ce sens qu'il n'estime pas la demande mais étudie la relation entre les systèmes de transport interurbain de passagers et les caractéristiques socio-économiques des régions métropolitaines.

La recherche tente de fournir les inputs de base pour l'analyse des impacts du transport. Elle est principalement axée sur le développement de mesures pertinentes de caractéristiques socio-économiques des régions métropolitaines et de relier celles-ci aux caractéristiques des systèmes de transport interurbain.[14,p.271]

La méthode consiste à régresser les variables du réseau (temps, fréquence, tarif) par rapport aux diverses variables socio-économiques. Les variables utilisées par l'auteur sont les suivantes : population totale, croissance de la population dans une période de 10 ans, pourcentage de la population entre 0 et 5 ans, pourcentage de la population née à l'étranger, pourcentage de la force de travail employée, pourcentage de la force de travail mâle employée, pourcentage

de la force de travail manufacturière, pourcentage de la force de travail dans la vente et le détail, revenu médian du ménage et enfin, les dépenses publiques per capita.

Les résultats qu'il obtient sont très significatifs quoique peu stables dans le temps. Meyburg souligne que cela peut être dû au fait que les variables du réseau d'un mode sont fortement liées à celles des autres modes et que le temps et le coût d'un même mode sont reliés.

Meyburg conclut qu'il y a corrélation entre les variables du réseau et les variables socio-économiques. Il faut cependant être prudent lorsque nous choisissons les variables socio-économiques d'un modèle à cause de la présence probable de multi-colinéarité. Par contre, comme le souligne Meyburg, il faut que ce soit des variables bien choisies. Cet article nous présente donc les variables susceptibles d'être corrélées avec les variables du réseau, car la mise en garde contre la possibilité de colinéarité n'apporte pas d'information supplémentaire à un analyste averti.

1.8 Modèle de Pinton

A priori nous nous doutons que des variables telles le revenu, l'âge, l'occupation et bien d'autres sont des variables socio-économiques susceptibles d'expliquer la demande. Nous pouvons aussi supposer que les communautés avec des attractions culturelles, des activités financières ou plusieurs activités de loisir attireront plus de visiteurs que les villes dans lesquelles le secteur manufacturier prédomine.

Il est clair que ces notions sont difficilement estimable quantitativement. La prévision de ces mesures l'est encore beaucoup plus. Ainsi Pinton [17] ne s'attarde-t-il qu'aux relations entre la demande en transport et quelques caractéristiques socio-économiques.

Les données utilisées représentent des volumes d'un terminus à l'autre. Cela veut dire qu'elles incluent non seulement les voyages originant de la ville mais aussi le trafic de passage dans cette ville. Ce trafic parasite, qui est vaguement rattaché aux caractéristiques socio-économiques de l'origine (ou la destination), introduit un biais dans l'analyse proposée. [17, p.78]

De plus, cette partie du travail de l'auteur ne porte pas sur la demande pour les "voyages orientés" ("directed travel" dans le texte) de la ville i à la ville j . [17, p.78] Il ne peut donc mesurer l'attrait de la ville j sur les résidents de i mais seulement l'attrait mutuel de ces deux villes.

1.8.1 Caractéristiques socio-économiques et la demande totale en transport

Un des résultats importants pouvant expliquer la demande consiste à utiliser la population de la ville en origine et en destination. Celle-ci est considérée comme la variable de base. Le caractère industriel des villes semble aussi être pertinent. Une des façons les plus simples de mesurer ce type d'attraction entre les villes consisterait à utiliser soit le pourcentage d'emploi dans le secteur minier ou manufacturier soit le pourcentage d'emploi des cols blancs (dans son modèle ces variables sont dénotées par M et W respectivement).

Le modèle devient donc :

$$T_{ijk} = P_i^* P_j^* M_i^* M_j^* F_k \quad \text{ou} \quad T_{ijk} = P_i^* P_j^* W_i^* W_j^* F_k$$

où T_{ijk} = volume de passagers entre i et j par le mode k

F_k = variables caractérisant le mode k

Suite à ses essais, Pinton découvre que la variable population demeure très significative mais que les variables indiquant le caractère industriel des villes ne le sont pas. Plusieurs autres variables ont été essayées à la place de ces dernières sans en améliorer le résultat. Aussi surprenant que cela puisse paraître, le revenu n'est apparu significatif qu'en de très rares cas, et ce, même si l'auteur emploie diverses formes pour cette variable (e.g. revenu moyen, médian, revenu par population, le ratio du revenu moyen et les coûts de transport etc.)

1.8.2 Analyse de la demande en transport

Les données utilisées par Pinton sont tirées d'une enquête sur les passagers du train. Ainsi nous met-il en garde de ne pas généraliser ces résultats aux autres modes de transport. Puisque la demande en transport est une demande dérivée (i.e. une demande pouvant être expliquée par la demande pour d'autres biens), nous pouvons donc catégoriser les voyages ainsi : les voyages avec but de production et ceux avec but de consommation.

Il dénote trois types de voyageurs : ceux qui voyagent pour fins personnelles, pour fins d'affaires ou pour le travail. La première catégorie de voyageurs est plutôt orientée vers la consommation tandis que les deux dernières sont orientées vers la production.

Pinton utilise le modèle de mode abstrait de Quandt et Baumol pour effectuer ses régressions. Mais puisque nous sommes en présence que d'un seul mode de transport, i.e. le train, Pinton n'emploiera pas de variables telles le coût relatif ou le temps relatif.[17,p.85] Au lieu il utilise :

$$T_{ij} = \alpha_0 S_i^{\alpha_1} S_j^{\alpha_2} C_{ij}^{\alpha_3} H_{ij}^{\alpha_4} D_{ij}^{\alpha_5} Y_{ij}^{\alpha_6}$$

où T_{ij} = volume des passagers en train entre i et j
 $S_i S_j$ = variables socio-économiques relatives aux villes i et j
 C_{ij} = coût du voyage en train de i à j
 H_{ij} = temps du voyage en train de i à j
 D_{ij} = fréquence du train de i à j
 Y_{ij} = revenu moyen des voyageurs en train de i à j

1.8.3 Caractéristiques socio-économiques et but du voyage

Les voyages sont considérés comme des biens intermédiaires : ils sont conjointement demandés avec d'autres biens économiques e.g. pour visiter des amis, pour magasiner,

pour travailler etc.

1.8.3.1 Voyages pour le travail

Cette catégorie de voyageurs a été définie par Pinton comme étant le groupe détenant un abonnement peu importe le but du voyage.

Un point important à retenir et que souligne Pinton : une caractéristique essentielle des économies avancées est la polarité entre les activités économiques et l'habileté des individus. Ceci veut dire que plus une ville possède une certaine catégorie de travailleurs, plus elle attirera des travailleurs similaires de l'extérieur. [17, p.89]

Pour ce type de voyageurs les variables socio-économiques suivantes ont été utilisées : la population P_i , l'emploi E_i , le pourcentage de cols blancs W_i , le pourcentage de collégiens gradués U_i , et le revenu moyen per capita en i , Y_i . Les autres variables du réseau, i.e. coût, temps et fréquence, ont été incluses dans la régression.

Les variables qui ont le plus expliqué la variation

dans les voyages des travailleurs sont le coût du voyage et le revenu de ceux-ci. Les autres variables ne furent que peu significatives.

1.8.3.2 Voyages d'affaires

Les personnes voyagant par affaires sont ceux qui déclarent qu'ils voyagent à cette fin et ne détiennent pas un abonnement.

Le voyage d'affaires ne consiste pas seulement en un voyage et une visite au client mais implique aussi la consommation d'autres biens dans la ville de destination.

Comme l'explique Pinton : puisque le voyageur d'affaires n'hésite probablement pas à utiliser d'autres biens intermédiaires (souvent il n'a pas à payer pour ceux-ci avec son propre argent), nous pouvons nous attendre à une plutôt grande complémentarité entre la demande pour les voyages et la demande pour les services.[17,p.93]

Nous pouvons donc générer deux estimations des voyages d'affaires. La demande pour les transactions que nous pouvons approximer par le niveau d'emploi et la demande pour les services (biens intermédiaires que nous approximons par les dépenses annuelles d'un certain groupe de services, tel que les endroits pour se loger (motels, hôtels et autres), les divers

services d'affaires, les garages, les cinémas et les autres services de récréation.).

Les variables qu'a utilisées Pinton sont la population P_i , certains services S_i , le revenu moyen de la ville i , Y_i , le pourcentage de cols blancs, W_i , et le niveau d'emploi E_i . Les autres variables du réseau et le revenu furent aussi employés.

Les variables qui ont apportées le plus d'explications furent les services S_i et le niveau d'emploi. Les autres, y compris le revenu, ne furent pas très significatives.

Pinton ne voit pas de relations directes entre le revenu et la demande en transport des voyageurs d'affaires tout simplement parce que, selon lui, le revenu reflète les occupations.

1.8.3.3 Voyages personnels

Ces voyageurs déclarent se déplacer pour des raisons personnelles et ne détiennent pas d'abonnements. Le terme

"personnel" représente des gens se déplaçant pour visiter des amis, pour des raisons familiales ou touristiques ou tout simplement pour magasiner. Il est aussi à noter qu'il n'existe pas de complémentarité entre l'utilisation du voyage même et les autres biens intermédiaires.

Dans ce cas, l'emploi d'une variable résultant du produit du nombre de personnes demeurant dans des logements individuels, du nombre d'enfant par femmes entre 20 et 45 ans et le nombre de femmes travaillant une bonne partie de leur temps représente un choix judicieux pour définir les gens les moins enclins à effectuer un voyage personnel. La proportion de femmes sur le marché du travail caractérise aussi cette catégorie de gens. Pinton inclut en plus la proportion de propriétaires d'une voiture dans la ville d'origine. L'attraction d'un endroit dépend essentiellement de la grosseur de la population, et il en tient compte.

Les régressions effectuées sur ces variables nous indiquent, comme prévu, une grande influence de la population et une faible influence du revenu. D'autre part, les autres variables construites par Pinton ne sont pas très significatives pour ce modèle.

1.8.3.4 Résumé

Pinton résume cette partie de son travail ainsi :

(1) Le coût de voyager est la seule variable significative dans tous les cas. L'élasticité de la demande pour voyager par rapport au coût est beaucoup plus petite pour les voyages de pure consommation que les voyages de pure production.

(2) Le revenu des voyageurs influence la demande pour les abonnements seulement. En d'autres mots, l'attitude des gens vis-à-vis les voyages d'agrément ou d'affaires en train ne dépend pas de leur revenu (ces résultats sont en contradiction avec les axiomes intuitifs des théories précédentes sur la demande en transport).

(3) La population n'a qu'un petit effet sur la demande de voyages d'affaires ou des abonnés. Mais son influence est très prononcée pour la demande des voyages personnels.

(4) Tous les autres variables affectent au plus un seul type de voyage.[17,p.102]

Finalement Pinton nous met en garde contre l'utilisation de cette procédure pour d'autres modes.

1.8.4 Demande totale en transport

Deux problèmes se présentent lorsqu'on veut estimer la demande totale. Premièrement le volume total de passagers n'est pas simplement la somme des trois catégories précédentes; plusieurs catégories ayant été omises. Deuxièmement l'utilisation d'un grand nombre de variables amène une perte significative de degrés de liberté.

Pour contourner ces problèmes, Pinton suggère de combiner certaines variables socio-économiques, d'utiliser la méthode des composantes principales et, finalement, d'employer seulement les variables nous paraissant les plus significatives pour le modèle et d'essayer directement une régression sur elles.

Pour ce cas, toutes les variables furent incluses dans la régression. A part la variable revenu qui n'a qu'un degré de signification (test t) de 1 %, toutes les autres variables

furent significatives au moins au niveau de 5 % .

En conclusion, Pinton suggère d'apporter les améliorations suivantes pour les recherches à venir :

(1) Il a utilisé Y_{ij} comme variable explicative. Cependant le revenu moyen des voyageurs entre deux villes n'est pas entièrement une variable indépendante, mais une fonction des caractéristiques socio-économiques dans les villes i et j .

(2) Il serait plus convenable de désagréger la catégorie nommée voyages à but personnel dans le but d'obtenir des types plus homogènes de déplacements...

Et ce qui pour nous représente la conclusion la plus importante vis-à-vis ce travail :

(3) Au lieu du trafic total de la ville i à la ville j , le volume du trafic à évaluer devrait être la demande pour les déplacements allant à j par les gens demeurant en i .

(4) Il serait nécessaire de vérifier la validité des conclusions de l'auteur en employant d'autres modes de transport, puisqu'il n'est pas certain que l'influence de

certaines facteurs socio-économiques est la même pour tous les modes. [17, pp.107-108]

1.8.5 Commentaires

L'étude de Pinton se veut une ébauche de solution relative au problème du choix des variables socio-économiques pour l'estimation de la demande en transport. La principale faiblesse de ce travail, et Pinton le souligne lui-même, est de ne pas avoir été plus loin dans sa recherche. Un manque de données jumelé à l'étude d'un seul mode doit donc nous rendre prudent lorsque nous interprétons les résultats obtenus.

Nous pouvons souligner néanmoins le travail énorme qu'il a fait dans ce domaine. Le choix des variables qu'il utilise est presque toujours, à quelques variantes près, employé dans toutes les autres études sur ce sujet. Les principaux problèmes du chercheur en transport, lorsqu'il s'agit de l'évaluation de la demande, sont mis en évidence par Pinton. De plus ce dernier a la qualité de rapporter tous les expériences qu'il a exécutées. A priori, certains de ses résultats nous semblent farfelus mais lorsque nous nous y

attardons, ceux-ci nous permettent de déceler certaines lacunes dans les modèles généraux de demande en transport. Par contre, le fait qu'il n'ait pas tenu compte des caractéristiques des proches substituts comme l'autobus semble être une lacune majeure à son modèle.

1.9 Modèle de Sobieniak

Le but du travail de Sobieniak [19] est de pouvoir prédire la demande en transport aérien pour chaque paire origine-destination. Chaque région représente un agrégat de plusieurs villes. Pour faire ses prévisions il utilise des coupes transversales pour chaque année de 1960 à 1970, puis fait une estimation en série chronologique pour toute la période, et essaie d'expliquer les fluctuations annuelles pour pouvoir faire des prévisions.

Ce qui nous intéresse surtout dans ce travail est la forme fonctionnelle utilisée et les variables socio-économiques qu'il inclut dans son modèle.

1.9.1 Forme fonctionnelle

Sobieniak utilise le modèle de gravité sous forme logarithmique. Le modèle a donc la forme suivante :

$$\log \text{Trips}_{i,j} = K_1 + \alpha \log P_i P_j + \delta \log Y_i Y_j + \tau \log F_{i,j} + e_{i,j}$$

où T_{ij} = voyages entre la région i et j dans les deux sens

$P_i P_j$ = produit croisé de la population totale des régions i et j .

$Y_i Y_j$ = produit croisé du revenu disponible personnel moyen per capita des régions i et j

F_{ij} = tarif aérien économique entre les régions i et j

e_{ij} = erreur des voyages sous forme logarithmique entre les régions i et j

1.9.2 Présentation des résultats

Pour chacune des années, Sobieniak remarqua une fluctuation de la constante. Pour atténuer l'effet de ces fluctuations il étudia donc le comportement du terme d'erreur. Il releva un effet sur certaines paires régionales. Cet effet s'explique ainsi : les effets d'une paire régionale semblent tenir compte d'une certaine variété de facteurs qui ne peuvent être quantifiés en termes économiques, par exemple : les valeurs pour la région de St-John's sont au-dessus de la moyenne puisque le service aérien est de loin celui qui est le plus commode pour traverser le golfe St-Laurent; les faibles valeurs de la ville de Québec vers l'Ouest reflètent les différences linguistiques et culturelles; l'économie basée sur

l'agriculture de la Saskatchewan explique sans aucun doute les faibles valeurs pour ces régions; Toronto-Vancouver et les paires régionales similaires possèdent de grandes valeurs reflétant ainsi la grande communauté d'intérêts entre les centres nationaux de commerce.[19,pp.11-12]

Il utilisa alors plusieurs variables auxiliaires pour tenir compte de ces effets, effectua une seconde régression et obtint de meilleurs résultats. Son R^2 passa de .817 à .978, l'élasticité prix étant de -1.78 tandis que l'élasticité revenu étant de 1.13. Ces résultats étant habituellement ceux obtenus dans les études antérieures.

1.9.3 Commentaires

Ce modèle possède la qualité d'estimer la demande globale pour les paires origine-destination. De plus, les effets régionaux sont très intéressants. Mais il aurait dû tenir compte de ces effets non pas en incluant une variable auxiliaire qui n'est pas facile à interpréter. A la place, l'utilisation d'une variable socio-économique (par exemple le nombre d'employés du secteur manufacturier) pour chacun des

effets aurait probablement apporté plus d'explications au modèle.

Pour atténuer l'effet de St-John's, l'ajout du prix des modes compétitifs aurait tenu compte de cet effet. Le facteur linguistique aurait pu être approximé par le pourcentage d'anglophones, de francophones et d'allophones dans la population, les structures industrielles des villes par le nombre d'employés dans chaque secteur de l'économie. Bref, en ajoutant toutes ces variables, il ne pouvait qu'améliorer son modèle.

Un autre point négatif à soulever est la grandeur des régions choisies. L'aggrégat est beaucoup trop grand pour représenter vraiment tous les intérêts de la population habitant chacune des régions.

1.10 Modèle de Vickerman

Vickerman [25] veut modéliser la demande en transport pour les loisirs simultanément avec le choix de la destination.

Pour ce type de voyage, il demeure quand même difficile de recueillir des données. Vickerman classe ces voyages en trois catégories: les voyages récréatifs, d'activités sociales et de plaisance.

Le modèle utilisé est le suivant :

$$T_{ki} = f(S_i, P_{ki}, A_{ki})$$

où T_{ki} = nombre de voyages fait par une personne ou un ménage i pour l'activité k dans une période donnée.

S_i = vecteur des caractéristiques socio-économiques décrivant i .

P_{ki} = vecteur du potentiel spatial pour l'activité k disponible à i .

A_{ki} = vecteur des indices d'accessibilité pour les modes reliant les sites relatifs à k .

Le modèle ne nous apporte rien pour notre recherche du point de vue théorique puisque nos observations supposent que les individus ont déjà pris la décision de se déplacer de i à

j. Ce qui nous intéresse dans son travail, ce sont les résultats empiriques. Nous en présenterons ici quelques uns.

Vickerman affirme que le modèle de Kraft et Wohl comporte deux inconvénients. Un changement dans les caractéristiques de temps et de coût d'un bien ne peut avoir d'effet sur les voyageurs sur les autres liens malgré le fait que les destinations devraient pouvoir être substituées (nous mentionnons ici cet argument de Vickerman pour justifier son modèle quoique nous doutions qu'empiriquement les destinations puissent toutes être substituées même dans le cas des voyages de loisir). De plus, les modèles sont basés sur des données régionales et ainsi ne profitent pas des avantages des modèles désagrégés, lesquels permettent de découvrir les comportements réels.

Selon lui, le modèle dépendra des hypothèses faites concernant la façon dont les consommateurs perçoivent l'offre en terme de choix modal. Dans le cas de la demande pour les modes pris individuellement, l'accessibilité et le niveau de service des modes compétitifs, Vickerman en tient compte ainsi: "il est conventionnel, dans les études économiques de la demande pour les biens normaux, d'entrer le prix du bien et les prix des substituts. Dans les études de la demande en

transport, le prix généralisé de chaque mode est dépendant du coût, du temps et de la disponibilité ou niveau de service, et il peut y avoir de sérieux problèmes de multicollinéarité entre les prix résultants pour les différents modes, particulièrement avec les composantes du temps." [25,p.69]

Suite aux régressions qu'il a effectuées différents résultats peuvent être intéressants. Dépendant du mode utilisé et de la classe du déplacement de loisirs, les variables suivantes furent jugées pertinentes à son modèle: la densité de la population, la distance du centre urbain principal, la grosseur du ménage, le revenu du ménage, l'âge, le sexe, les groupements professionnels et la possession d'une automobile.

Vickerman obtenait des résultats supérieurs lorsqu'il incluait la variable définissant la possession d'une automobile. Par contre ce résultat est fort prévisible puisqu'il mentionne qu'il peut y avoir un problème de multicollinéarité entre les autres variables indépendantes et cette dernière : il y a de fortes chances d'obtenir une estimation biaisée parce que les autres variables indépendantes, socio-économiques et d'environnement, déterminent aussi la probabilité d'avoir en sa possession une automobile. [25,p.70] La performance de son modèle diminue

lorsque la spécification du but du voyage devient moins précise.

Quelques uns de ces résultats seront utilisés lorsque nous ferons un choix des variables du réseau et des variables socio-économiques.

1.11 Modèle de Wilson et Kohn

Ce modèle sert à la prévision de l'activité de l'aviation privée. L'originalité de ce texte réside, comme on peut le constater, dans le fait que les auteurs n'estiment pas la demande des passagers pour les vols commerciaux et les vols cargos, mais seulement l'activité de l'aviation privée. Cette activité comprend les vols d'agrément et les clubs d'aviation. Les envolées militaires ne sont pas étudiées puisqu'en général la milice possède ses propres aéroports. La période pour l'estimation concerne l'année 1975 et il s'agit d'une analyse en coupe transversale (voir section 2 de Darrow et Wilson).

Ce travail se limitant à trouver quelles seraient les variables socio-économiques pour la demande en transport aérien de passagers, il n'en demeure pas moins que les résultats de cet article contribue en partie à l'élaboration de notre modèle.

Avant d'en arriver aux modèles utilisés par les auteurs nous résumerons ce qui les a motivé à traiter d'un tel sujet. L'intérêt vient en partie du fait que le domaine de l'aviation civile s'est développé et a prospéré constamment. Cette

croissance a aussi occasionné des problèmes de gestion tels le contrôle du trafic aérien, la sécurité et la congestion de l'aéroport. Comme l'indiquent Wilson et Kohn : des pressions croissantes sur les infrastructures présentes et futures de l'aviation nous dictent que des prévisions fiables doivent être mises à la disposition des planificateurs. Non seulement il est important de produire une capacité adéquate de l'aéroport et de l'environnement aérien, mais il est tout aussi important que des standards adéquats de sécurité soient maintenus dans les régions congestionnées dans lesquelles il existe un mélange de gros avions commerciaux et de plus petits, moins rapides, et un nombre croissant, d'avions privés. [26,p.768]

Ces raisons, jumelées au manque de travaux sur le sujet, ont poussé les auteurs à vouloir modéliser une telle demande.

1.11.1 Forme du modèle

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'étude porte sur la région des maritimes canadiennes. Les données proviennent des outputs des tours de contrôle où on consigne le nombre

d'avions atterrissant à l'aéroport et celles décollant de l'aéroport. Les données recueillies ne sont donc pas de vraies observations origine-destination mais elles n'étaient que les seules données disponibles en rapport avec l'endroit de l'activité aérienne. La banque contient au total 20 000 observations.

Deux catégories de mouvement préoccupent les auteurs: les mouvements locaux de l'aviation générale (comportant en grande partie les vols d'entraînement souvent associés aux écoles et aux clubs d'aviation) et les mouvements itinérants de l'aviation générale (impliquant généralement des voyages à but spécifique e.g. voyages d'affaires ou du gouvernement). Nous ne nous intéresserons ici qu'aux seconds déplacements. Ces déplacements cadrent mieux dans notre recherche.

Le modèle, développé par la F.A.A pour cette catégorie pour les régions du réseau est le suivant :

$$\begin{aligned}
 ITN_{i,j} = & a_2 + b_1 POP_i + b_2 POP_j + b_3 INC_i \\
 & + b_4 INC_j + b_5 RS_i + b_6 RS_j + b_7 IRI_i + \\
 & b_8 IRI_j + b_9 MRI_i + b_{10} MRI_j + b_{11} TOAD + \\
 & b_{12} USD + b_{13} FD + b_{14} APD + b_{15} AD + \\
 & b_{16} DIST_{i,j}
 \end{aligned}$$

Les variables utilisées sont décrites au tableau 4.

Variable	Définition
ITN	Déplacements des avions itinérant (flux total aller-retour pour chaque paires de noeuds)
i j	Origine (i)-destination (j)
a b	Coefficients
POP	Population de la région du réseau
INC	Revenu per capita de la région du réseau
RS	Ventes au détail per capita de la région du réseau
IRI	Indice du taux de revenu de la région du réseau
MRI	Indice du rendement du marché de la région du réseau
TOAD	Variable auxiliaire pour le type d'aéroport
USD	Variable auxiliaire pour les Etats Unis
FD	Variable auxiliaire pour les régions étrangères
APD	Variable auxiliaire pour les provinces Atlantiques
AD	Variable auxiliaire pour les sept aéroports des maritimes
DIST	Distance

Tableau 4
Variables utilisées dans le modèle
de Wilson et Kohn

1.11.2 Estimations

La forme logarithmique produisit le meilleur modèle au point de vue statistique. Les signes furent ceux attendus et on observa peu de corrélation, de même qu'un R^2 de l'ordre de 0.6. Mais malgré un tel R^2 (en général très satisfaisant pour une coupe transversale) on obtint de très grands résidus. Le but de ces estimations était de minimiser la différence entre les valeurs observées et les valeurs estimées puisque les résultats sont utilisés pour fin de prévision.

Wilson et Kohn, pour contourner le problème, agrégèrent les régions, pour obtenir un modèle à 49 liens. Le modèle final étant :

$$ITN_{ij*} = 89,08 - 0,64 \text{ DIST} + 4,31 \text{ INC} + 0,77 \text{ RSI} + 1,75 \text{ MRI}$$

$$(0,69) \quad (0,43) \quad (0,21) \quad (0,13)$$

où ij^* sont les voyages itinérants extérieurs à la zone de contrôle du trafic aérien qui atterrissent au point d'origine, RSI l'indice des ventes au détail et 89,08 la constante. Les chiffres apparaissant entre parenthèses représentent les statistiques t

$$R^2 = 0,74 \quad F(4,44) = 31,64$$

$$\text{sommes des erreurs} = 0,89$$

1.11.3 Commentaires

Les auteurs expliquent qu'il y a plusieurs raisons pour lesquelles les résultats obtenus ne sont pas très fiables. Une d'elles étant qu'une portion considérable de l'aviation générale est récréationnelle, et qu'il est très difficile de trouver des indicateurs socio-économiques pour ce type de déplacement.

On ne peut utiliser un tel modèle à cause de son caractère très régional. Mais cet article peut servir de pierre angulaire à l'estimation de la demande en transport aérien au Canada.

L'absence de gros marchés (tel Montréal et Toronto) représente une autre faiblesse du modèle. Nous pouvons donc conclure que, du point théorique, ce modèle peut servir d'exemple à la modélisation du transport aérien. Mais à cause des raisons mentionnées plus haut, l'application d'un tel modèle s'avère presque impossible.

1.12 Autres contributions

Dans cette section nous mentionnons les apports d'autres auteurs. Nous utilisons entre autres des études de Transport Canada qui font la lumière sur ce qui distingue les variables socio-économiques caractérisant les voyages d'agrément et d'affaires.

Il y aura donc deux volets : un qui traitera des découvertes concernant les voyages d'agrément et un autre concernant les voyages d'affaires.

1.12.1 Voyages d'agrément

Nous avons vu dans les sections précédentes que les caractéristiques des gens effectuant des voyages d'agrément par avion, comportent entre autres le revenu familial, la taille de la famille effectuant le voyage ensemble, l'attraction du lieu de destination, l'âge, la longueur du séjour, etc.

Une des raisons qui motive ces voyageurs, selon Gronau, est d'apporter une utilité directe lorsque la visite est pour fins personnelles [6,p. 12]. Plusieurs variables peuvent être reliées à l'utilité qu'apporte ce déplacement : le coût de la visite, le coût inhérent à la visite (e.g. visite d'autres lieux, autres activités récréatives, et toutes autres formes de communication), et le revenu ménager [6,p.13].

Selon l'O.C.D.E., ces systèmes comporteraient certaines lacunes :

" Les facteurs de différenciation utilisés jusqu'à maintenant sont encore limités à des variables socio-économiques peu détaillées (revenu, taux de motorisation, âge, sexe). Les modèles tiennent également compte, en général, du motif de déplacement. On peut être tenté de citer d'autres facteurs qui peuvent se révéler pertinents dans de nombreux cas : position dans le cycle de vie, durée de résidence dans le quartier, etc."
[16,p. 91]

Dans la décision de se déplacer par avion, le coût joue un rôle prépondérant. C'est en fait une des variables socio-économiques des plus importantes. Comme l'indique un rapport de Transport Canada :

" Celui qui voyage pour son agrément attache plus d'importance au prix et l'influence qu'ont les autres aspects du service (rapidité, confort, etc.) sur son choix varie selon son revenu."
[22,p. 7]

Une étude effectuée par le dr. J. B. Lansing et citée dans Stratman [21,pp. 123-124], concernant les voyages longue-distance autres que motif affaires, montrait que 71 % des voyageurs solitaires utilisaient l'avion mais lorsque le groupe augmentait de deux à trois, les pourcentages diminuaient à 22 et 8 respectivement.

Nous remarquons aussi que ce type de voyageur effectue de plus longs séjours que les voyageurs d'affaires et plus particulièrement durant la période estivale.

Un test a été effectué dans une étude de Transports Canada concernant l'âge. Ce test indique qu'il y a une différence marquée pour les groupes d'âge associés aux utilisateurs des modes autobus, train et automobile :

" For pleasure travelers a significant χ^2 is obtained indicating a difference in the age group distributions for the three modes : bus, rail and car."
[25,p. 31]

Ce qui nous laisse présager que cette variable est

aussi significative en ce qui concerne l'avion.

1.12.2 Voyages d'affaires

Ce type de déplacement est effectué pour servir d'input dans la production de biens du marché [6,p. 12].

Comme le fait remarquer l'étude de l'O.C.D.E., les variables "...relatives à l'individu comprennent souvent la possession d'une voiture, le revenu, l'âge, le sexe, l'éducation, la classe sociale etc." [16,p.86]. De plus on cite une étude de Hossman et Faria qui montre que trois facteurs principaux ont une influence séparée. Il s'agit des moyens de mobilité, du statut social et finalement de la position dans le cycle de vie. C'est donc dans cette optique que nous rechercherons les variables explicatives du modèle.

En économie, le revenu joue un grand rôle dans l'estimation de la demande. A ce sujet, Gronau soulève plusieurs points intéressants. Il conclut, entre autres, que les voyageurs d'affaires sont plus sensibles au prix et à l'effet revenu que les autres voyageurs, i.e. les élasticités

prix et revenus des voyageurs d'affaires excèdent, en valeur absolue, celles des voyages personnels [6,p. 6].

Il compare les voyages d'affaires à un mouvement de migration de court terme :

" The demand for business visits depends, therefore, on price factors similar to those affecting the demand for personal visits, and on the difference between the passenger's marginal product at the point of destination. This difference seems, as in other cases of migration, to increase with the passenger's skills and hence with his income."
[6,p. 13]

Une étude de Transports Canada souligne que ceux dont le revenu excède 25000.00 dollars représentent le pourcentage le plus élevé d'usager de l'avion.

Stratman discute de l'influence de l'activité économique pour expliquer la demande. Pour ce faire, il s'appuie sur une étude effectuée par la FAA ("Federal Aviation Agency") où on dénombre quatre principales catégories de centres générant du trafic : les centres industriels, de marketing, institutionnels et "balancés" ("Balanced" dans le texte). [21,pp. 131-132]

Dans une étude de Transports Canada, on relève que les

enfants de moins de 15 ans ne devraient pas être inclus dans l'estimation car ils n'ont pas de pouvoir décisionnel au niveau des voyages qu'ils entreprennent. Il en est de même pour les personnes âgées de plus de 65 ans qui n'effectuent presque pas de voyages interurbains. La classe se déplaçant le plus est celle des 25 à 34 ans. [23,p. 62].

De plus, on indique que la tendance au voyage augmente proportionnellement avec le niveau de scolarité. Par contre :

" Il est possible que le niveau de scolarité ait une influence sur le niveau de revenu qui, en retour, influe sur le désir de voyager. Il est également possible que les personnes d'un niveau scolaire supérieur occupent des postes qui les amènent à voyager."
[23,p. 62]

Il est aussi à noter que ce sont ceux qui exercent des professions libérales (médecins, avocats, ingénieurs) qui ont tendance à voyager le plus, et ce sont les ouvriers qui sont le moins portés à voyager.

CONCLUSION

Ce chapitre se voulait une revue de la littérature du choix des variables socio-économiques. Nous avons présenté plusieurs modèles et chacun comportait des résultats à retenir mais aussi certaines lacunes. Nous essaierons donc de tirer parti de ces expériences tout en évitant les pièges.

En général, les variables furent catégorisées en deux groupes distincts: les caractéristiques individuelles de la population et les caractéristiques de la région considérée. Le premier groupe expliquant la génération des déplacements et le dernier expliquant l'attraction.

Dans le premier groupe nous retrouvons le revenu, le groupe d'âge, l'occupation et la taille des ménages. Dans le second groupe nous notons la présence de variables telles le facteur richesse, la population, le facteur de proximité de la région, les groupements professionnels et les facteurs culturels et linguistiques. Les variables ci-haut mentionnées sont utilisées soit en niveau (i.e. telles quelles) soit en part (i.e. en pourcentage par rapport à une autre variable) dépendamment des auteurs.

L'apport de Keesler dans ce domaine consiste à diviser les régions selon leurs caractéristiques économiques i.e. centre de marketing, industriel, institutionnel ou un centre équilibré en fonction des trois centres précédents. Le facteur richesse de la région sera considéré dans le choix des variables.

Gronau, Darrow et Wilson, Finton mettent les chercheurs en garde contre une certaine colinéarité de la variable revenu avec l'occupation et le degré de scolarisation.

Sobieniak ayant estimé un modèle pour le Canada note certains problèmes que nous pouvons rencontrer à cause des caractéristiques régionales. Nous tenterons donc de considérer ces mises en garde pour les paires de villes mentionnées.

Andrikopoulos et Baxevanidis suggèrent d'utiliser le nombre de cols blancs pour chaque région comme variables auxiliaires pour l'éducation et l'occupation. Ils mentionnent aussi que la demande devient inélastique par rapport au prix et à la distance à mesure que ces derniers augmentent.

Kanafani note une différence entre les variables de génération et d'attraction pour les déplacements. Lorsqu'il considère la population, Kanafani mentionne que nous devons tenir compte de la région métropolitaine et non pas de la ville seulement.

Pinton départage les déplacements selon le but et suggère pour chaque but des variables à utiliser. De plus, pour bien refléter les caractéristiques régionales, la demande devrait être mesurée comme les déplacements des résidents habitant en origine exclusivement et allant en destination.

Le travail de Kraft et Wohl représente la base de ce travail. Ce qui ressort vraiment de cet article est que nous devons considérer les déplacements aller-retours seulement. Nous devons aussi pondérer les variables par rapport à la population pour éviter les facteurs d'échelle.

L'apport théorique de Vickerman concerne la possibilité d'une substituabilité des destinations pour les déplacements de loisir.

Tous ces résultats nous seront utiles lorsqu'au

chapitre suivant, nous choisirons et regrouperons les variables socio-économiques à entrer dans le modèle.

C H A P I T R E 2

Données et Méthodes d'estimation

INTRODUCTION

Ce chapitre se subdivise en deux parties. La première partie consiste en une présentation de la banque de données. Les données sont composées des observations sur les déplacements en avion entre deux régions (dont les lieux d'origine et de destination ont été clairement identifiés), les variables du réseau aérien (temps, coût et fréquence), les variables du réseau des modes alternatifs décrivant ainsi la compétition modale, et enfin les variables socio-économiques, caractérisant le lieu d'origine et/ou le lieu de destination.

La seconde partie comporte une discussion sur les méthodes que nous emploierons pour construire notre modèle. Ainsi nous discuterons de la méthode employée pour l'estimation, du choix de la forme fonctionnelle et de la manière que nous nous y prendrons pour sélectionner et construire les variables à inclure dans notre modèle.

Le chapitre sera structuré de façon à ce que la théorie soit appuyée d'exemples en rapport à notre travail.

2.1 Données

Cette section du chapitre est réservée à l'étude de la banque de données que nous possédons pour nos estimations (tout ce qui concerne la banque de données (cueillette, transformations etc... représente le travail de Richard Laferrière). Cette banque possède trois catégories de données. La première décrivant les déplacements par avion des Canadiens en 1983 et des variables du réseau associées à ceux-ci. Dans la seconde catégorie, on trouve les données concernant les variables du réseau des modes compétitifs. La dernière catégorie contient les données associées aux variables socio-économiques disponibles. Dans les sections qui suivent nous décrivons en détail chacune de ces catégories.

2.1.1 Déplacements et variables du réseau aérien

Les déplacements associés à la variable dépendante représentent une description complète des voyages entrepris via Air Canada et CP Air. Ces deux transporteurs occupent la

majorité du marché aérien au Canada, nous donnant ainsi une bonne idée de la demande nationale. Pour bien comprendre l'ampleur du marché que ces deux transporteurs occupent, nous n'avons qu'à examiner les chiffres tels qu'ils apparaissent dans une revue de Statistiques Canada [20] pour 1980. Lorsque nous considérons tous les services des transporteurs i.e. services à taxe unitaire ("unit toll services") et services d'affrètement ("charter services"), Air Canada et CP Air accaparent 61 % (environ 17 millions de passagers sur une possibilité de 27,5 millions) du nombre total de passagers tandis que Pacific Western Airlines, Nordair, Québécoir et Eastern Provincial Airways réunis attirent 26 % (7 millions de passagers sur 27,5 millions) des passagers laissant ainsi un faible 13 % (3,5 millions de passagers sur 27,5 millions) pour les 82 autres transporteurs. Lorsqu'on ne considère que le service à taxe unitaire (comme c'est le cas dans ce travail), Air Canada et CP Air accaparent 68 % du marché, i.e. 16.312.623 passagers sur un total possible de 23.998.619. [20, p.15]

La banque contient tous les aller-retours, les allers simples et les déplacements avec arrêts multiples. Dans le cadre de ce travail, nous ne nous intéresserons spécifiquement qu'aux aller-retours. Ce choix est nécessaire pour construire

le modèle que nous désirons i.e. prédire les déplacements tout en connaissant le lieu de résidence des individus. Nous pourrions estimer la demande en considérant les allers simples, mais cela demanderait une formulation différente du modèle, ce qui dépasserait alors largement le cadre de ce travail.

Nous ne considérons que les vols domestiques, i.e. tous vols originant ou se destinant ailleurs qu'au Canada, sont exclus puisque nous ne disposons pas de variables socio-économiques pour les villes de l'extérieur. De même, la destination est clairement identifiée : c'est l'endroit où le voyageur s'y attarde au moins deux heures. Par exemple, le vol Montréal-Ottawa-Toronto-Montréal avec un arrêt prolongé à Ottawa est considéré comme un aller-retour Montréal-Ottawa. S'il advient qu'au cours d'un même trajet, plus d'un arrêt prolongé survienne, alors nous excluons cette observation puisqu'elle fait partie des déplacements à arrêts multiples.

Pour tous les marchés, les variables du réseau aérien (temps, coût et fréquence du mode) proviennent des valeurs moyennes de ces mêmes variables associées aux aller-retours pour l'année 1983 . Cependant nous possédons, pour la variable coût, toutes les informations indiquant la classe

tarifaire des voyageurs. Nous pouvons donc identifier les voyageurs selon deux critères : les voyageurs pouvant prévoir leurs déplacements (escomptes, grands escomptes) et les voyageurs ne pouvant prévoir leurs déplacements (première classe, classe économique). Dans le premier groupe nous retrouvons généralement les individus effectuant des voyages d'agrément puisqu'en général, ces voyageurs peuvent planifier d'avance leurs déplacements. Le second groupe comporte presque uniquement des gens d'affaires comme clients. Une discussion sur chacun des groupes a fait l'objet d'une analyse au chapitre précédent.

2.1.2 Compétition modale

En plus des caractéristiques socio-économiques des individus, lorsqu'il s'agit d'évaluer la demande pour un bien, nous devons tenir compte du revenu, du prix du bien et aussi du prix des autres biens i.e. les substituts. Dans le cas du transport aérien, les substituts à ce mode sont généralement l'automobile, l'autobus et le train lorsque la compétition se fait à l'intérieur d'une distance raisonnable.

Les facteurs autres que socio-économiques influençant le choix d'un mode incluent le temps, le coût et la fréquence de celui-ci. Pour chaque mode, nous pouvons désagréger les facteurs temps et coût en parties distinctes. Il y a l'accès au mode, l'attente aux infrastructures, les impondérables (température, bris mécanique) et les arrêts en route qui peuvent affecter le temps et le coût d'un mode.

Nous utiliserons, pour fin d'estimation, les variables du réseau de l'autobus et de l'automobile en plus de celles de l'avion. Le train n'apparaît pas puisque les données caractéristiques de son réseau n'étaient pas disponibles lors des estimations. Nous aurions pu les construire de la même

façon qu'il a été fait pour les variables de l'autobus et de l'automobile, sauf que cette procédure est très coûteuse en temps. De plus, il faut noter que l'autobus et le train sont de proches compétiteurs, d'où la moins grande nécessité de les utiliser conjointement.

Les informations concernant le mode autobus proviennent du Russel's Bus Guide [18]. Le coût de l'autobus est composé du tarif, et lorsque la situation l'exige, les frais associés aux repas (trois repas par jour) et les frais d'hébergement. Pour chaque paire origine-destination, les caractéristiques du trajet correspondent au trajet le plus court en terme de temps parmi toutes les paires de villes de l'échantillon.

La construction des variables pour l'automobile comporte tout autant de difficultés. Il faut, tout comme l'autobus, évaluer l'itinéraire le plus rapide. Pour ce faire, on utilise les relevés de la "Canadian Automobile Association" concernant la vitesse moyenne de chaque itinéraire, le coût moyen de l'essence de même que la consommation moyenne en essence pour chaque province. Les critères pour les repas et les nuitées sont basés sur le temps de parcours.

Puisque nous n'utilisons que les billets des compagnies

Air Canada et CP Air, nous nous servons de la fréquence des autres transporteurs dans la mesure où ces derniers ne représentent pas une part majoritaire du marché, sinon nous ne considérons pas le marché (e.g. la paire Edmonton-Calgary n'est pas considérée puisque c'est la PWA qui accapare ce marché).

L'utilisation de la variable fréquence pour nos transporteurs et les transporteurs manquants se justifie par le profil type du voyageur d'affaires. L'horaire précis de ces voyageurs nous amène à supposer que plus il y a de départs, plus il est facile de respecter les horaires de tous les gens. De plus, il est à noter qu'en général, et ce à cause de la réglementation dans ce secteur, la compétition ne se fait pas sur une question de tarif mais plutôt sur des aspects tels l'heure de départ et le confort.

On ne pourrait mettre un terme à cette section sans citer les propos tirés d'une étude de l'O.C.D.E. qui met en garde les chercheurs contre la volonté d'utiliser à tout prix les variables coût et temps :

" Le manque d'explications dans les modèles résulte également de l'utilisation prédominante des variables de temps et de coût. Il a été montré que d'autres facteurs plus qualitatifs dont les voyageurs tiennent compte ne sont habituellement pas pris en compte par les modèles." [16, p. 87]

Ces autres facteurs pourraient être, comme nous l'avons vu plus haut, les heures de départ (accommodation des clients) ou le confort (type d'appareil utilisé, nourriture servie à bord, service etc.).

2.1.3 Variables socio-économiques

La liste des variables socio-économiques disponibles pour ce travail se retrouve en appendice 2. Cette banque de données à l'état brut est répartie selon les différentes divisions de recensement définies par Statistiques Canada.

Nous avons donc procédé à un regroupement des données selon le critère utilisé par Statistiques Canada :

"... il faut qu'au moins 40 % de la population active occupée demeurant dans la municipalité travaille dans le noyau urbanisé ou que 25 % de la population active occupée travaillant dans la municipalité demeure dans le noyau urbanisé."
[2, p. 17]

Par exemple, lorsque nous considérons la ville de Montréal, l'agrégat contient des villes aussi éloignées que

St-Jean et St-Jérôme. Ce regroupement s'applique à toutes les données i.e. si une région comprend deux aéroports, alors ces deux aéroports seront considérés pour la zone puisque nous étudions la demande d'une zone plutôt que celle d'un aéroport.

Nous avons aussi classifié ces variables selon qu'elles appartiennent à cinq différents groupements. Il y a les données représentant l'aspect démographique (1), comme les catégories d'âge, le nombre d'immigrants etc. Ce groupement reflète les caractéristiques individuelles d'une région. Les variables décrivant l'emploi (2) peuvent aussi bien décrire l'occupation des individus que le caractère économique d'une région. Par exemple, le nombre de directeurs et les gens employés dans le milieu financier font partie de ce groupe. Viennent ensuite les données décrivant la scolarisation des individus (3), tel le nombre de gens ayant poursuivi des études universitaires et possédant un titre quelconque. Il y a aussi le revenu (4) individuel et ménager. Le facteur culturel (5) est représenté par l'aspect linguistique des villes. Naturellement cette liste n'est que superficielle, laissant ainsi place à toutes les autres variables qui pourront d'une façon ou d'une autre expliquer la demande.

2.2 Méthodologie de travail

Dans cette section nous présentons les outils de travail que nous utiliserons. Nous discuterons donc des formes fonctionnelles envisagées ainsi que des méthodes d'estimation qui leurs sont associées. Suivra une discussion sur les critères de choix que nous avons employés pour les variables explicatives.

2.2.1 Formes fonctionnelles

Un des problèmes de la modélisation consiste à évaluer la forme fonctionnelle de notre équation. Parmi les choix considérés, mentionnons les relations de type linéaire, logarithmique, quadratique ou autre entre les variables.

Nous pouvons donc, de façon générale, représenter la forme fonctionnelle à l'aide de la méthode de Box-Cox [3] :

$$Y^{(\mu_y)} = X^{(\mu_x)} \beta + u$$

où Y = aller-retours des individus dont les zones d'origine et de destination ont été clairement identifiées.

X = vecteur des variables explicatives incluant variables du réseau, variables socio-économiques en origine et en destination.

β = vecteur des coefficients associés aux différentes variables explicatives.

u = erreurs aléatoires du modèle.

La transformation de Box-Cox est définie comme :

$$Z^{(\mu)} = \begin{cases} \frac{Z^\mu - 1}{\mu} , \mu \neq 0 \\ \log Z , \mu = 0 \end{cases}$$

Ainsi, lorsque $\mu_y = \mu_x = 1$, nous avons le modèle linéaire suivant :

$$Y = \delta + \beta X + u$$

et lorsque $\mu_y = \mu_x = 0$ nous avons le modèle logarithmique :

$$Y = \delta X^\beta e^u.$$

Dans plusieurs cas, la forme fonctionnelle dépend des hypothèses que l'on formule a priori sur les élasticités de la demande. En effet, la forme linéaire suppose que l'on considère l'élasticité variable et la forme logarithmique suppose que l'on a une élasticité constante. Pour le cas où

la forme fonctionnelle n'est pas fixée (i.e. forme linéaire ou logarithmique), la forme que doit prendre l'élasticité des variables n'est pas le sujet de préoccupation. En fait, dans ce cas, seul la plausibilité de la valeur des élasticités obtenues retient notre attention.

Par exemple, les élasticités des variables de notre modèle sont :

$$\epsilon_k = \beta_k \frac{X_k^{\mu_{Xk}}}{Y^{\mu_{Yk}}}$$

On voit bien que lorsque μ sera nul, l'élasticité sera constante (= β_k), et lorsque μ sera égal à un, l'élasticité sera variable (= $\beta_k * (X_k/Y_k)$).

Mais pourquoi apporter tant d'importance à l'élasticité ? L'élasticité est une mesure développée par les économistes pour évaluer la sensibilité d'un changement de valeur sur une variable. Dans ce cas l'avantage d'utiliser l'élasticité plutôt que la dérivée partielle réside dans le fait que l'élasticité est une mesure de la relation entre les variables dans laquelle un changement du numérateur et du dénominateur est exprimé en terme de pourcentage. En d'autres mots, l'élasticité mesure l'effet de X sur Y en terme de

pourcentage. Donc cette mesure n'est pas affectée par les unités de mesure. Ainsi, si nous voulons connaître la valeur d'un changement du prix du beurre par rapport à la demande de ce produit, elle ne sera pas affectée par le fait que le prix du beurre est mesuré en dollars ou en cents.

Pour terminer cette discussion sur l'élasticité et la forme fonctionnelle, nous citons Nicholson qui donne sa préférence pour les modèle avec élasticité constante : prétendre que la courbe de demande est une droite peut mener à certaines difficultés, spécialement si les prix et les quantités varient d'une façon significative dans le temps. Les économistes sentent qu'il est plus raisonnable d'utiliser une courbe de demande ayant une élasticité constante. Cela veut dire que les individus répondent à un changement proportionnel plutôt qu'à un changement absolu des prix.[15,pp. 135-136]

Pour estimer ces modèles, nous avons émis les hypothèses suivantes :

1^o Le modèle est bien spécifié i.e. il représente bien la réalité (toutes les variables nécessaires sont incluses dans le modèle).

2° $E(u) = 0$ i.e. l'espérance du terme d'erreur est nulle.

3° $E(uu') = \sigma^2 I_n$ i.e. homoscedasticité du terme d'erreur.

4° X est un ensemble de nombres fixes.

5° Le rang de $X = k < n$.

Nous verrons plus loin la façon dont nous avons traité la violation de la troisième hypothèse i.e. l'homoscedasticité.

Ces hypothèses nous permettent donc d'utiliser la méthode des moindres carrés ordinaires pour estimer les modèles linéaires et logarithmiques. Cette méthode, comme son nom l'indique, consiste à minimiser la somme des erreurs au carré.

Il est important de mentionner que sous les hypothèses de travail décrites ci-haut, les estimateurs des moindres carrés sont sans biais et dans la classe des estimateurs linéaires sans biais, les estimateurs des moindres carrés ont la variance minimum (théorème de Gauss-Markov).

Lorsque la forme fonctionnelle est à estimer, nous ne

pouvons utiliser la méthode des moindres carrés ordinaires. Les propriétés asymptotiques des estimateurs du maximum de vraisemblance sont dans ce cas assez satisfaisantes pour justifier son utilisation. La méthode de Box-Cox emploie le maximum de vraisemblance, c'est une des raisons de notre choix.

Dans ce cas, nous devons estimer la fonction du maximum de vraisemblance du modèle telle que définie dans Maddala [13,p.316].

Un des algorithmes d'estimation de cette fonction est le suivant :

- (1) Diviser chaque y par la moyenne géométrique des y
- (2) Pour chaque valeur de μ régresser $Y^{(\mu)}$ sur X et calculer la somme des résidus au carré $\hat{\sigma}^2(\mu)$
- (3) Choisir la valeur de μ pour laquelle $\hat{\sigma}^2(\mu)$ est minimum. Cette valeur, disons $\hat{\mu}$, est l'estimateur du maximum de vraisemblance de μ .

2.2.3 Critères pour le choix des variables

Cette section traite des critères que nous nous sommes imposés pour choisir nos variables socio-économiques. Nous avons au préalable classifié les variables socio-économiques de l'appendice 2 en six (6) catégories. Nous nous sommes inspiré des auteurs de la revue de la littérature pour démarquer ces variables. Voici donc les catégories et les variables les composant :

Variables démographiques : Les hommes et les femmes âgés entre 15 et 65 ans, la population active, le nombre d'immigrants d'une autre province et le nombre d'émigrants dans une autre province.

Variables de l'emploi : Les hommes et les femmes travaillant comme directeurs, gérants, administrateurs et le personnel assigné à ces tâches; les employés de bureau et le personnel assigné à ces tâches; les travailleurs spécialisés dans la vente et/ou les services; les travailleurs des industries de transformation et usineurs; les travailleurs spécialisés dans la fabrication, le montage et la réparation de produits. Le nombre d'individus travaillant dans les industries primaires et/ou manufacturières, l'administration publique et la défense, le commerce, les finances, les assurances et les affaires immobilières, les services socio-culturels, commerciaux et personnels.

Variables de la scolarisation : Tous les individus ayant atteint au moins une neuvième année avec ou sans grade.

Variables exprimant la richesse et le bien-être : Le nombre

total de logements privés occupés, la valeur moyenne du logement, le nombre de ménages ayant un revenu égal ou supérieur à 25000.00 \$, les ventes au détail.

Variables reflétant l'aspect culturel : Le nombre de francophones, d'anglophones et d'allophones, le nombre d'individus pratiquant diverses religions.

Autre variable : La densité de la population.

Il était en effet impensable d'inclure toutes les variables dans le modèle puis de retirer une à une celles qui étaient trop collinéaires avec les autres. C'est pour cette raison que nous avons tout d'abord catégorisé ces variables.

Le modèle fut construit en incluant tout d'abord les variables du réseau de l'avion et la constante, auxquelles nous avons ajouté les variables socio-économiques.

Nous avons choisi nos variables de la manière suivante : nous avons tout d'abord déterminé pour chacune des catégories lesquelles étaient plus significatives pour notre modèle. Ensuite nous avons incorporé toutes les catégories à la fois puis nous avons encore éliminé celles qui causaient de la colinéarité dans le modèle. Ainsi la variable entrerait dans le modèle à condition qu'elle ne change pas significativement la contribution des autres variables déjà présentes dans le modèle.

Lorsqu'une variable modifiait considérablement la contribution des autres variables, nous la régressions en fonction de toutes les variables du modèle globalement, puis en fonction de ces mêmes variables prises une à une. Cette manière de procéder nous indiquait la présence possible de multicollinéarité ou de colinéarité de cette variable avec les autres.

Nous présentons ici les signes que nous attendons pour chacune des variables du modèle. Pour les variables démographiques, nous anticipons des coefficients positifs car cette variable est un reflet des affinités entre les gens en origine et en destination. Pour l'emploi nous prévoyons des signes positifs et négatifs puisque certaines variables attirent ou génèrent des déplacements tandis que d'autres ont tout à fait l'effet contraire. On peut s'attendre à deux résultats des variables de scolarisation : le signe sera positif pour les hauts scolarisés (sous-entendant ici qu'une haute scolarisation reflète la situation hiérarchique de l'individu dans la société), mais on aura un signe négatif pour les gens à bas niveau de scolarisation. Le facteur de richesse devrait, tout naturellement, avoir un signe positif. Le facteur culturel aura un signe négatif s'il représente une

minorité de la population et un signe positif s'il représente la majorité de la population. Toutes les autres variables pouvant entrer dans le modèle auront un signe qui dépendra de la façon dont elle auront été construites.

Après avoir choisi les variables socio-économiques qui caractérisent notre modèle, nous entrons les variables du réseau des autres modes pour tenir compte de l'effet de substitution des autres modes. Nous suivons à peu près les mêmes critères que ceux utilisés pour le choix des variables socio-économiques.

La prochaine étape consiste à vérifier, à l'aide du test statistique t , si l'apport des variables au modèle est significatif. Les variables que nous considérons importantes pour notre modèle demeureront quand même dans celui-ci, mais celles qui le sont moins seront enlevées à moins qu'elles n'affectent considérablement les résultats obtenus.

En ajoutant et en modifiant certaines variables, nous tentons alors d'améliorer le R^2 (le rapport entre la demande estimée et la demande observée).

Enfin nous étudions les élasticités des variables. A

ce stade, nous vérifions si les élasticités semblent, à première vue, raisonnables. Des élasticités trop élevées en terme absolu indiquent un problème d'estimation ou de colinéarité entre les variables.

En dernier lieu, nous analysons le terme d'erreur pour détecter la présence d'observations à l'écart.

Lorsque le modèle est établi nous tentons ensuite d'estimer la forme fonctionnelle. Mais il faut aussi traiter, tout comme les autres auteurs, du problème d'hétéroscédasticité. C'est ce que nous ferons au chapitre 3.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les données dont nous disposons pour effectuer nos estimations. Ces données se décomposent en deux sous-groupes : les variables décrivant le réseau utilisé par l'avion et ses modes compétitifs, et les variables socio-économiques.

Nous présentons ensuite les méthodes pour estimer notre modèle. Dépendamment de la forme fonctionnelle que prendra notre modèle, nous emploierons des techniques d'estimation totalement différentes. Nous avons aussi dressé un portrait de la méthodologie employée pour faire une première sélection des variables qui composeront notre modèle.

Ces informations nous serviront pour modéliser la demande en transport aérien. Cette modélisation nous sera utile surtout pour établir qu'il existe bien une distinction entre les variables décrivant l'origine et celles décrivant la destination.

Nous pouvons maintenant passer à l'estimation du modèle. C'est ce que nous ferons au prochain chapitre.

C H A P I T R E 3

ESTIMATIONS

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous reproduirons et commenterons les résultats obtenus. Une tabulation des résultats a été faite pour permettre une meilleure visualisation de ceux-ci.

Dans la première partie nous définissons chacune des variables employées dans notre modèle final. Nous présentons la variable tout en décrivant le processus utilisé pour l'obtenir.

Dans la seconde partie du chapitre, nous présentons, de façon plus détaillée, la procédure utilisée pour traiter de l'hétéroscédasticité. Nous présentons notre méthode tout en la comparant à celles utilisées par les auteurs retenus dans la revue de la littérature.

Dans la partie suivante, nous étudions sommairement les résultats obtenus selon les différentes formulations. Nous analysons le signe, l'élasticité et la signification de chacune des variables tout en agrémentant cette discussion de commentaires émis par les auteurs de la revue de la littérature.

Nous poursuivons notre discussion de la partie précédente en faisant une analyse plus approfondie de certaines variables. Pour ce faire nous avons choisi quelques marchés représentatifs d'une classification selon le temps de transport et la grosseur du marché. Nous avons alors analysé l'élasticité de chacune des variables choisies pour chacun de ces marchés.

La dernière partie du chapitre présente les tests d'hypothèse sur la validité des résultats obtenus. Nous tentons de démontrer que les variables apparaissant uniquement en origine ou en destination ne peuvent être utilisées qu'à cette fin et qu'une variable décrivant l'origine et la destination possède des coefficients significativement différents.

Nous concluons ce chapitre en discutant sur le comportement de l'erreur. Cette étude nous permet de porter un jugement qualitatif et quantitatif sur notre modèle.

3.1 Le modèle

On retrouve au tableau 5, une description des variables du modèle. On remarque que certaines variables ont subi des transformations, principalement pour contourner le problème de multicollinéarité.

L'une des transformations consiste à changer les variables en taux. Par exemple, au lieu de considérer les hauts revenus d'une région, nous prenons la part des ménages ayant un revenu égal ou supérieur à 30000.00 \$ sur le nombre de ménages dont le revenu annuel est plus grand ou égal à 25000.00 \$.

L'autre transformation utilisée, approxime le nombre d'individus dans deux sous-groupes de variables. Prenons deux groupes de variables X_1 et X_2 , eux-mêmes subdivisés en trois sous-groupes X_{11}, X_{12}, X_{13} et

VARIABLES DESCRIPTIONAUXILIAIRES

DUM1	Variable reflétant le fait que, pour la paire de ville étudiée, les transporteurs de niveau I (Air Canada et CP Air) n'ont pas de vol direct. La valeur que prend cette variable est égale au nombre de sièges offerts pour ce type d'envolée.
DUM2	Variable reflétant le fait que, pour la paire de villes étudiées, les transporteurs de niveau II (autres transporteurs tel que décrit dans le glossaire) n'ont pas de vol direct. La valeur que prend cette variable est égale au nombre de sièges offerts pour ce type d'envolée.
YYT	Variable décrivant la capitale provinciale de Terre Neuve i.e. St-John's, pour décrire la présence de travailleurs de la fonction publique.
YHZ	Variable décrivant la capitale provinciale de la Nouvelle Ecosse i.e. Halifax, pour décrire la présence de travailleurs de la fonction publique.
YFC	Variable décrivant la capitale provinciale du Nouveau Brunswick i.e. Frédéricion, pour décrire la présence de travailleurs de la fonction publique.
YQB	Variable décrivant la capitale provinciale du Québec i.e. Québec, pour décrire la présence de travailleurs de la fonction publique.
YOW	Variable décrivant la capitale fédérale du Canada i.e. Ottawa, pour décrire la présence de travailleurs de la fonction publique.
YYZ	Variable décrivant la capitale provinciale de l'Ontario i.e. Toronto, pour décrire la présence de travailleurs de la fonction publique.
YWG	Variable décrivant la capitale provinciale du Manitoba i.e. Winnipeg, pour décrire la présence de travailleurs de la fonction publique.

TABLEAU 5
Description des variables du modèle

VARIABLES DESCRIPTION

YQR	Variable décrivant la capitale provinciale de la Saskatchewan i.e. Régina, pour décrire la présence de travailleurs de la fonction publique.
YEG	Variable décrivant la capitale provinciale de l'Alberta i.e. Edmonton, pour décrire la présence de travailleurs de la fonction publique.
YYJ	Variable décrivant la capitale provinciale de la Colombie Britannique i.e. Victoria, pour décrire la présence de travailleurs de la fonction publique.
YVR	Variable décrivant la ville la plus importante en terme d'échange économique pour la province de la Colombie Britannique i.e. Vancouver, pour décrire le caractère économique de cette ville.
YUL	Variable décrivant la ville la plus importante en terme d'échange économique pour la province de Québec i.e. Montréal, pour décrire le caractère économique de cette ville.

RESEAU

FREQ1	Fréquence des transporteurs du niveau I (Air Canada et CP Air) par vol direct.
FREQ2	Fréquence des transporteurs du niveau II (autres transporteurs tel que décrit dans le glossaire) par vol direct.
COUTA	Coût avion des transporteurs du niveau I (Air Canada et CP Air) pour la classe de service à taxe unitaire.
COUTC	Coût automobile pour l'itinéraire le plus rapide, incluant la consommation d'essence selon le coût moyen et la consommation moyenne de celle-ci pour chaque province, les nuitées et frais de subsistance (lorsque jugés nécessaires).

TABLEAU 5
Description des variables du modèle

VARIABLES DESCRIPTION

TEMPSA	Temps avion des transporteurs du niveau I (Air Canada et CP Air) pour les vols directs.
TC/TA	Ratio temps /automobile (pour l'itinéraire le plus court, avec nuitées et attente lorsque jugé nécessaire) vs temps avion (tel que décrit ci-haut).

SOCIOS

120	Approximation du nombre de personnes faisant partie de la population active en origine et étant âgées entre 25 et 54 ans (dans l'appendice 3 correspond à la somme des variables 11, 12, 13, 23, 24 et 25 divisé par la somme des variables 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 24, 25 et 26, le tout multiplié par la variable 220).
1150	Part de la population active étant des immigrants d'une province autre que celle en origine (dans l'appendice 3 correspond au ratio des variables 84 et 220).
2300	Nombre de travailleur(se)s en origine spécialisé(e)s dans les services (dans l'appendice 3 correspond à la somme des variables 199 et 215).
2560	Nombre d'employé(e)s en origine dans le secteur bâtiment et travaux publics (dans l'appendice 3 correspond à la variable 225).
2580	Nombre d'employé(e)s en origine dans le secteur du commerce (dans l'appendice 3 correspond à la variable 227).

TABLEAU 5
Description des variable du modèle

VARIABLES DESCRIPTION

12D	Approximation du nombre de personnes faisant partie de la population active en destination âgées entre 25 et 54 ans (dans l'appendice 3 correspond à la somme des variables 11, 12, 13, 23, 24 et 25 divisé par la somme des variables 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 24, 25 et 26, le tout multiplié par la variable 220).
121D	Part de la population active étant des immigrants d'une autre province que celle en destination (dans l'appendice 3 correspond au ratio des variables 90 et 220).
172D	Nombre de personnes en destination ayant un diplôme d'une école de métiers ou ayant complété des études non universitaire avec ou sans grade (dans l'appendice 3 correspond à la somme des variables 141, 142 et 143).
255D	Nombre d'employé(e)s en destination dans le secteur de l'industrie manufacturière (dans l'appendice 3 correspond à la variable 224).
258D	Nombre d'employé(e)s en destination dans le secteur du commerce (dans l'appendice 3 correspond à la variable 227).
120*12D	Produit des variables 120 et 12D telles que décrites précédemment.
DEPLA	Variable dépendante du modèle i.e. déplacements aller et retour par vol direct.

TABLEAU 5
Description des variables du modèle

X_{21}, X_{22}, X_{23} respectivement. Soit a_{1j} le nombre d'individus dans deux sous-groupes de groupes différents tel que :

$$\sum_i a_{1j} = X_{1i} \quad i=1,2,3 \qquad \sum_j a_{1j} = X_{2j} \quad j=1,2,3.$$

Nous approximations a_{1j} de la manière suivante :

$$a_{1j} = \frac{X_{1i} * X_{2j}}{Z} \quad i = 1,2,3 \quad j = 1,2,3$$

$$\text{où } Z = \sum_i X_{1i} = \sum_j X_{2j}.$$

Nous avons employé cette technique pour les variables faisant partie des grands groupes professionnels (directeurs, médecins, etc.) et des divisions de l'activité économique (industries primaire, manufacturière etc.). Nous pouvons donc, par exemple, approximer le nombre de directeurs gérants dans le secteur des finances ou les usineurs du secteur manufacturier etc.

3.2 Traitement de l'hétéroscédasticité

Un problème que l'on rencontre fréquemment lors d'estimations de coupe transversale est celui de l'hétéroscédasticité des erreurs résiduelles. Mais qu'est-ce que l'hétéroscédasticité ? On est en présence d'hétéroscédasticité du terme d'erreur lorsqu'on viole la troisième hypothèse de notre modèle i.e. les erreurs ont une variance constante.

On dénombre deux conséquences principales de l'hétéroscédasticité: d'une part l'estimation des paramètres de la régression est toujours non biaisée mais inefficace (i.e. elle ne possède pas la variance minimale); d'autre part l'estimation de la variance est biaisée, rendant ainsi nos tests usuels (t de Student et F de Fisher) non valides.

Il existe à ce jour trois façons de contourner ce problème. La première méthode consiste à exécuter une déflation de la variable dépendante. Nous avons vu que Gronau utilise cette méthode lorsqu'il pondère la variable dépendante par le revenu. On justifie cette procédure soit par un raisonnement économique du modèle, soit pour stabiliser la

variance des erreurs.

Une autre manière consiste à diviser l'échantillon en plusieurs groupes et d'effectuer les régressions sur chacun de ces groupes séparément. Cette méthode a été suggéré par Goldfeld et Quandt [5]. Darrow et Wilson ont utilisé cette méthode en divisant leur échantillon selon la distance. Keesler l'a employée pour les différents groupes caractérisant la structure économique des villes de son échantillon.

La dernière méthode, telle que proposée par Liem, Dagenais et Gaudry [12], consiste à estimer la forme fonctionnelle de l'hétéroscédasticité. Nous emploierons cette méthode l'emploierons pour la première fois, à notre connaissance, dans un contexte de transport aérien. Nous utiliserons à cette fin un logiciel mis au point par les auteurs mentionnés ci-haut. La forme fonctionnelle de l'hétéroscédasticité sera estimée par la transformation de Box-Cox que nous avons vue précédemment. Elle sera donc estimée de la façon suivante :

La forme générale de l'hétéroscédasticité est :

$$u_t = f(X_t)u_t^*$$

où :

$$f(X) = \begin{cases} \exp(\sum_m \delta_m X_{mt}) & , \text{ si } \mu_u = 0 \\ [\mu_u (\delta_0 + \sum_m \delta_m X_{mt}^{(\mu_{em})}) + 1]^{1/\mu_u} > 0 & , \text{ si } \mu_u \neq 0 \end{cases}$$

et $u^* \sim N(0, \sigma^2)$

Notons que les variables X_t qui estiment l'hétéroscédasticité peuvent être incluses dans le groupe des variables explicatives de la partie fixe du modèle.

3.3 Présentation sommaire des résultats

Nous présentons dans cette section les résultats obtenus pour notre modèle final. Ce modèle se retrouve sous trois formes fonctionnelles : la forme log-log, la forme estimée et la forme estimée avec traitement de l'hétéroscédasticité.

Au tableau 6 de la page suivante, apparaît un résumé des résultats obtenus. On y retrouve, pour chacun des modèles, les élasticités, et les transformations de Box-Cox (T.B.-C. dans le texte) estimées. La valeur des coefficients n'apparaît pas puisque les données sur les déplacements doivent demeurer confidentielles.

Les élasticités et les T. B.-C. sont suivies, dans certains cas, d'astérisques. Un astérisque signifie que le test est valide à un niveau de confiance de 95 %. Deux astérisques signifient que le test est valide à un niveau de confiance de 90 %.

VARIABLES	ELASTICITE	T. B.-C.	MOYENNE
Vols indirects AC et CP			
Forme 1	-0.4265 *	1.	0.5254
Forme 2	-0.2879 *	1.	
Forme 3	-0.2996 *	1.	
Vols indirects autres			
Forme 1	-0.3029 *	1.	0.7310
Forme 2	-0.1666 *	1.	
Forme 3	-0.1780 *	1.	
St-John's			
Forme 1	-0.0274 *	1.	0.0761
Forme 2	0.0160	1.	
Forme 3	0.0156	1.	
Halifax			
Forme 1	0.0697 *	1.	0.0990
Forme 2	0.0322 **	1.	
Forme 3	0.0236	1.	
Frédéricton			
Forme 1	-0.0108	1.	0.0305
Forme 2	-0.0054	1.	
Forme 3	-0.0045	1.	
Québec			
Forme 1	-0.0084	1.	0.0964
Forme 2	-0.0295	1.	
Forme 3	-0.0350 **	1.	
Ottawa			
Forme 1	0.1556 *	1.	0.1142
Forme 2	0.0987 *	1.	
Forme 3	0.1019 *	1.	
Toronto			
Forme 1	0.1722 *	1.	0.1320
Forme 2	0.1287 **	1.	
Forme 3	0.1451 *	1.	

TABLEAU 6
 Comparaison entre les différentes formulations

VARIABLES	ELASTICITE	T. B.-C.	MOYENNE
Winnipeg			
Forme 1	0.0289	1.	0.1117
Forme 2	-0.0017	1.	
Forme 3	-0.0072	1.	
Régina			
Forme 1	0.0126	1.	0.0812
Forme 2	0.0175	1.	
Forme 3	0.0142	1.	
Edmonton			
Forme 1	0.0313 **	1.	0.1015
Forme 2	-0.0029	1.	
Forme 3	-0.0049	1.	
Victoria			
Forme 1	-0.0165	1.	0.0660
Forme 2	-0.0207 *	1.	
Forme 3	-0.0200 *	1.	
Vancouver			
Forme 1	0.0254	1.	0.0939
Forme 2	0.0009	1.	
Forme 3	0.0123	1.	
Montréal			
Forme 1	0.0782 *	1.	0.1421
Forme 2	0.0515	1.	
Forme 3	0.0696	1.	
Fréquence AC et CP			
Forme 1	0.0989 *	1.	32376
Forme 2	0.1534 *	1.	
Forme 3	0.1565 *	1.	
Fréquence autres			
Forme 1	-0.0892 *	1.	31353
Forme 2	-0.0799 *	1.	
Forme 3	-0.0733 *	1.	

TABLEAU 6
 Comparaison des différentes formulations

VARIABLES	ELASTICITE	T. B.-C.	MOYENNE
Coût avion			
Forme 1	-0.4194 *	0.	351.76
Forme 2	-0.1432	1.24	
Forme 3	-0.2893	0.95	
Coût auto			
Forme 1	0.7433 *	0.	129.73
Forme 2	0.1676 *	-1.43 *	
Forme 3	0.1776 *	-1.44 *	
Temps avion			
Forme 1	-1.6621 *	0.	438.58
Forme 2	-1.4749 *	-0.21 *	
Forme 3	-1.3650 *	-0.30 *	
Temps auto/Temps avion			
Forme 1	-0.3469 *	1.	4.6797
Forme 2	-0.4094 *	1.	
Forme 3	-0.4616 *	1.	
Population active origine			
Forme 1	1.7174 *	0.	227251
Forme 2	0.1598 **	-0.88 *	
Forme 3	0.1882 *	-0.90 *	
Immigrants origine			
Forme 1	0.3954 *	0.	0.1251
Forme 2	0.4002	0.33	
Forme 3	0.4721	0.40	
Trav. services origine			
Forme 1	-1.6607 *	0.	43703
Forme 2	-0.2579 *	-0.88 *	
Forme 3	-0.3171 *	-0.90 *	
Bâtiments et travaux publics origine			
Forme 1	-0.4642 **	0.	21871
Forme 2	-0.3726	-0.28	
Forme 3	-0.3960	-0.33 **	

TABLEAU 6
Comparaison des différentes formulations

VARIABLES	ELASTICITE	T. B.-C.	MOYENNE
Commerce origine			
Forme 1	0.9747 **	0.	66732
Forme 2	1.1614 *	-0.21 *	
Forme 3	1.1725 *	-0.30 *	
Population active destination			
Forme 1	0.3573	0.	218995
Forme 2	0.0569	3.04	
Forme 3	0.0203	0.38	
Immigrants destination			
Forme 1	0.1978	0.	0.1338
Forme 2	0.3649 **	0.11	
Forme 3	0.3909 *	0.06	
Scolarisation destination			
Forme 1	-1.3949 *	0.	128066
Forme 2	-0.0376	3.84	
Forme 3	-0.1665	2.61	
Manufacturiers destination			
Forme 1	-0.3715 *	0.	67829
Forme 2	-0.3598 *	0.11	
Forme 3	-0.4418 *	0.06	
Commerce destination			
Forme 1	2.0881 *	0.	64302
Forme 2	1.3452 *	0.16	
Forme 3	1.5976 *	0.17	
Déplacements aller-retour (Variable dépendante)			
Forme 2	-	0.07 *	
Forme 3	-	0.07 *	

TABLEAU 6
Comparaison entre les différentes formulations

VARIABLES	ELASTICITE	T. B.-C.	MOYENNE
Hétéroscédasticité			
Temps avion			
Delta	- *		
Lambda		-0.39	
Pop. active origine * pop. active destination			
Delta	- *		
Lambda		0.27	
Log Maximum Vraisemblance			
Forme 1 = 131.78			
Forme 2 = 178.15			
Forme 3 = 198.19			

TABLEAU 6
 Comparaison entre les différentes formulations

Nous divisons l'analyse des résultats selon les trois catégories de variables i.e. les variables auxiliaires, les variables du réseau et les variables socio-économiques. De plus, nous ne comparons que le modèle de départ (forme log-log) au modèle final (forme estimée avec traitement de l'hétéroscédasticité).

3.3.1 Variables auxiliaires

On distingue deux sortes de variables auxiliaires : celles reflétant les déplacements à vol indirect et celles représentant les capitales provinciales et fédérale (sauf pour le Québec et la Colombie Britannique où on a préféré utilisé en plus les villes de Montréal et Vancouver respectivement parce qu'elles sont plus représentatives (au niveau économique) pour leur province).

Autant dans le modèle log-log que dans le modèle avec forme fonctionnelle estimée, la valeur que prend le coefficient est significative au niveau 95 % pour les variables DUM1 et DUM2. Les élasticités, si on les compare à celles de FREQ1 et FREQ2, nous indiquent que les gens sont plus sensibles à la

présence de vol indirect que direct. Cette tendance tend à s'amoinrir avec la forme finale. Dans le cas de la variable DUM1 le signe est celui attendu : plus le nombre de sièges offerts pour une paire de villes avec liaison indirecte augmente pour les transporteurs étudiés, moins la demande est grande. Par contre, le signe de la variable DUM2 n'est pas celui attendu : plus le nombre de sièges offerts pour une paire de villes avec liaison indirecte augmente pour les autres transporteurs, moins la demande est grande. On devrait plutôt s'attendre à ce que ce soit le contraire.

Ces résultats sont en accord avec les directives émises par un rapport de Transport Canada (voir chapitre 2) et qui mentionnait que les facteurs autres que les variables du réseau usuellement employées (temps, coût et fréquence) pouvaient expliquer le choix d'un mode. Ces variables peuvent donc représenter l'aspect convenance ou confort du transport aérien.

Les variables auxiliaires associées aux capitales provinciales du pays devraient refléter la présence de travailleurs du secteur public et du gouvernement dans ces villes, ou des facteurs non captés par les autres variables du modèle pour ces villes (comme c'est le cas pour Vancouver et Montréal). Les élasticités, dans un cas comme dans l'autre, ne

semblent pas démesurées . Il n'y a que quelques unes d'entre elles qui sont significatives en terme du test t de Student. Nous allons les étudier plus en détail.

Pour la forme log-log du modèle, les villes de St-John's, Halifax, Ottawa, Toronto, Edmonton et Montréal sont celles qui se sont le plus démarquées. Seul le signe de St-John's est sorti négatif. Pourtant on devrait s'attendre au contraire puisque cette ville est géographiquement isolée des autres villes du pays, rendant ainsi le mode aérien plus attrayant. Dans le cas d'Ottawa, Toronto, Edmonton et Montréal, nous ne pouvions nous attendre à un signe contraire. En effet, la première est la capitale nationale du pays et les autres sont considérées comme métropoles du pays. Ces facteurs sont en général de bons générateurs de déplacements.

Lorsqu'on estime la forme fonctionnelle, on retrouve les villes de Québec, Ottawa, Toronto et Victoria comme variables significatives. Québec et Victoria se retrouvent avec un coefficient négatif. Pour Québec, ce signe pourrait découler du facteur culturel de celle-ci. Majoritairement francophone, cette ville a beaucoup moins d'attrait pour la population des autres villes anglophones du pays. Pour Victoria, ceci pourrait signifier que cette ville est beaucoup

trop isolée des autres villes et que la présence de Vancouver non loin d'elle éloigne les passagers de chez elle. On note que, quoique non significatif, le signe de la variable auxiliaire associée à la ville de St-John's est devenu positif.

Les conclusions, que l'on tire de ces variables, se rapprochent des commentaires émis par Sobieniak qui avait remarqué que le Canada avait ses propres particularités régionales et de ne pas en tenir compte pouvait mener à des erreurs d'estimation.

3.3.2 Variables du réseau

Notre modèle comprend trois types de variables du réseau : les fréquences, les coûts et les temps. Nous avons de plus les fréquences associées aux autres transporteurs aériens (FREQ2) et le coût d'un des modes alternatifs i.e. l'automobile. Nous avons aussi une variable du temps automobile sur le temps avion dont on discutera la signification un peu plus loin.

Le signe des fréquences est celui attendu dans les deux

formulations du modèle et leurs valeurs sont significatives. D'un modèle à l'autre, les élasticités ne varient pas beaucoup : la forme log-log a des élasticités de 0.09 et -0.09 pour la fréquence des transporteurs étudiés et la fréquence des autres transporteurs respectivement, comparativement à 0.16 et -0.07 pour la forme estimée avec hétéroscédasticité. Ce résultat est encourageant puisque l'élasticité propre est plus élevée que l'élasticité croisée. En effet, on doit s'attendre à ce que le modèle soit plus sensible à un changement de fréquence des transporteurs étudiés qu'à un changement pour les autres transporteurs.

La variable tarif de nos transporteurs est du signe attendu d'une formulation à l'autre du modèle. Dans le cas de la forme log-log, le signe est significatif et son élasticité est de -0.42. Lorsqu'on estime la forme et qu'on introduit le traitement de l'hétéroscédasticité, cette variable est peu significative, avec une élasticité plus faible et de valeur -0.29. La valeur estimée de sa T. B.-C. est de 0.95 et peu significative. Normalement, plus le coût du mode augmente, moins la demande est grande. Avec la forme estimée, l'élasticité est raisonnable puisqu'elle est supérieure à l'élasticité du tarif automobile, i.e. l'élasticité propre est supérieure à l'élasticité croisée.

Le signe du tarif automobile est celui attendu et significatif dans les deux cas. On a, en effet, que plus la valeur du coût automobile augmente, plus la demande en transport aérien augmente. Son élasticité varie cependant beaucoup d'une formulation à l'autre passant de 0.74 à 0.18 de la forme log-log à la forme estimée respectivement. La valeur de son exposant est -1.44 et significatif.

La variable temps est aussi du bon signe dans les deux cas : lorsque le temps avion augmente, la demande diminue. Très significative, elle a une élasticité quelque peu élevée sous la forme log-log (-1.66). La forme estimée est plus élastique (-1.23) et donc plus raisonnable. Elle est plus raisonnable parce qu'en général ceux qui voyagent par avion sont beaucoup plus sensibles au temps qu'au coût (leur temps est précieux). Sa T. B.-C. est plus significative et de valeur -0.30.

L'autre variable associée au temps automobile ressemble un peu à la formulation de Quandt et Baumol. Nous utilisons le ratio temps auto / temps avion. C'est un peu comme si nous traitions l'avion comme mode de référence par rapport à l'automobile. On remarque que, malgré tout, dans les deux cas,

le signe n'est pas celui attendu et qu'il est de plus très significatif. On s'attend en effet à un signe positif de cette variable parce qu'il est évident que plus cette variable augmente, plus l'écart s'accroît entre le temps auto et avion et ce, en faveur du mode aérien. Par contre, l'utilisation de cette formulation nous a permis de régler certains problèmes d'estimations sur les autres variables. Par un simple calcul, en utilisant les valeurs moyennes du temps avion et du nombre de déplacements, on a trouvé que l'élasticité de la variable temps automobile est de -0.10 . La faible élasticité de cette variable nous indique que la sensibilité des voyageurs de notre modèle est marginale quant au temps automobile.

3.3.3 Variables socio-économiques

Nous avons deux types de variables socio-économiques : les variables décrivant l'origine, et celles décrivant la destination. Certaines variables se retrouvent en origine et en destination et d'autres qu'en origine ou en destination. Voyons tout d'abord les résultats obtenus avec celles en origine.

Cinq variables font partie du groupe des variables d'origine : la population active des 25 à 54 ans, la part d'immigrants dans la population active, le nombre de travailleurs spécialisés dans les services, le nombre de personnes dans le secteur bâtiment et travaux publics et le nombre de personnes dans le secteur commerce.

On doit s'attendre à ce que plus la population active d'une ville est élevée, plus il y aura d'individus désirant voyager pour affaires. Ce désir influe positivement la demande pour le transport aérien. C'est ce résultat que nous obtenons pour les deux formulations du modèle. Son élasticité est quelque peu exagérée dans le cas de la forme log-log (1.72). On voit que le traitement de l'hétéroscédasticité a grandement contribué à atténuer l'effet de cette variable : on a maintenant une élasticité de 0.19. Dans les deux cas, les résultats sont significatifs. La T.B.-C., lorsqu'estimé, suppose que cette variable s'emploie significativement avec une forme autre que logarithmique.

Lorsque la population active est composée de nombreux immigrants venant d'une autre province, on s'attend à ce que ceux-ci soient très enclins à voyager, ne serait-ce que pour retourner dans leur province d'origine revoir un parent. La

demande en transport aérien devrait donc s'accroître avec le nombre de ces immigrants. Dans les deux cas on a encore le résultat escompté. Les élasticités sont sensiblement les mêmes i.e. 0.40 et 0.47 respectivement. La forme estimée n'est cependant pas significative pour l'élasticité et la T. B.-C.

Les gens travaillant dans les services ont tendance à moins voyager pour leur travail. En effet, ces services offerts d'adressent aux gens demeurant près de leur lieu de travail. Donc, plus la population comporte de ce type de travailleur, moins la demande en transport aérien devrait être grande. Nous avons le bon signe avec une élasticité négative dans les deux cas (de plus, très significatif). Par contre, il résulte encore une fois, avec la forme log-log une élasticité élevée (-1.66). La forme finale a, cette fois aussi, corrigé cet état (-0.32). Avec une T. B.-C. de -0.33 (significative) la forme logarithmique est une fois de plus rejetée.

Les travailleurs du bâtiment et des travaux publics sont comme les travailleurs dans les services : leur travail les amène rarement à voyager. Les résultats sont ceux attendus et significatifs dans le cas de la forme log-log (élasticités de -0.46 et -0.40 respectivement). L'exposant est de -0.33 et significatif.

Le commerce se fait souvent entre les villes. Un nombre élevé de travailleurs de ce secteur laisse présager une demande accrue des services du transport aérien. Du bon signe et significative, cette variable est très élastique à la demande avec une élasticité de 0.97 pour la forme log-log et de 1.17 pour la forme finale. Sa T. B.-C. (-0.30) s'éloigne aussi du modèle logarithmique de façon significative.

Nous avons aussi retenu cinq variables de destination : la population active âgée de 25 à 54 ans, la part d'immigrants dans la population active, les scolarisés non universitaires, les employés dans le secteur manufacturier et les employés oeuvrant dans le commerce.

Pour les mêmes raisons qu'en origine, la population active devrait avoir un effet favorable sur la demande en transport aérien. Plus la population active est grande dans une ville, plus celle-ci devrait attirer des gens. Du bon signe et d'élasticité faible (0.02 avec la forme finale), cette variable n'est pas très significative dans les formes étudiées. Les résultats sont presque similaires d'une formulation à l'autre. Sa T. B.-C. est, elle non plus, pas très significative.

L'effet des immigrants d'une autre province en destination ressemble à celui des immigrants en origine. Plus il y a de gens ayant émigré d'une autre province, plus il y a de chances qu'un parent ou ami soit intéressé à venir le visiter. Du bon signe, cette variable est cependant très significative sous sa forme estimée. Cette variable compense donc pour le résultat mitigé de la variable précédente. On ne peut discuter de son exposant, celui-ci étant peu significatif.

Plusieurs auteurs (voir chapitre 1), suggèrent que le taux de scolarisation puisse expliquer en partie la situation d'un individu dans la hiérarchie sociale. On sait, de plus, que ce sont en général les gens occupant des postes d'importance qui attirent le plus les voyageurs d'autres villes. Ainsi plus le nombre de gens n'ayant pas atteint un degré de scolarisation élevé est grand dans une ville, moins celle-ci doit s'attendre à recevoir des voyageurs d'autres villes. Cette variable obtient plus de succès avec la forme log-log puisque son élasticité (-1.39) est plus significative que celle de l'autre formulation (-0.17).

Il est logique de croire que plus une population contient des individus du secteur manufacturier, moins les

individus la composant représentent un attrait pour des visiteurs potentiels. Les résultats se ressemblent dans les deux cas (élasticités de -0.37 et -0.44 respectivement) avec des coefficients significatifs. Sa T. B.-C. n'est cependant pas significative.

Encore une fois, la variable commerce devrait avoir le même effet qu'en origine. Plus il y a de commerces dans une ville, plus les gens des autres villes s'intéressent à celle-ci. Ainsi la demande en transport aérien devrait augmenter en proportion du nombre de travailleurs de cette catégorie. Malgré un coefficient significatif et de bon signe, les élasticités respectives de chacune des formulations sont un peu trop élevées (2.09 pour la forme log-log et 1.60 pour la forme finale). Cette variable nous indique qu'il y a possiblement un problème de multicollinéarité toujours présent.

Nous avons donc analysé l'ampleur et la signification de chacune des variables. Dans la prochaine partie, nous analyserons de façon plus détaillée certaines des variables que l'on a retrouvées pour les auteurs étudiés au chapitre 1.

3.4 Présentation détaillée des résultats

Dans cette section, nous ferons une analyse plus détaillée des résultats obtenus avec le modèle final i.e. le modèle avec forme estimée et traitement de l'hétéroscédasticité. Nous avons retenu les variables que nous rencontrions le plus fréquemment chez les auteurs étudiés au chapitre 1. Il s'agit des variables coût, temps et fréquence avion de même que les variables population et commerce (en origine et en destination). L'étude portera sur les élasticités obtenues. Nous avons, de plus, choisi neuf marchés distincts : correspondant à un temps court (≤ 90 minutes), moyen (≤ 180 minutes) et élevé (>180 minutes) par rapport à un petit marché (≤ 1500 déplacements annuels), moyen marché (≤ 7500 déplacements annuels) et grand marché (> 7500 déplacements annuels).

Voici la liste des marchés qui nous a servi de base pour l'analyse avec entre parenthèses le temps les séparant suivi de la taille du marché : Sydney-Halifax (petit-court), Ottawa-Sudbury (petit-moyen), Québec-Vancouver (petit-élevé), Winnipeg-Régina (moyen,court), Frédériciton-Toronto (moyen-moyen), Vancouver-Montréal (moyen-élevé), Vancouver-Calgary

(grand-court), Montréal-Toronto (grand-moyen) et Vancouver-Toronto (grand-élevé).

Analysons tout d'abord la variable coût avion. Nous avons reproduit au tableau 7 la matrice des élasticités selon le temps par rapport à la taille du marché :

	Temps	court	moyen	élevé
Marché	petit	-0.1174	-0.2040	-1.4405
	moyen	-0.0183	-0.0275	-0.0454
	grand	-0.0095	-0.0035	-0.0472

Tableau 7
Elasticités coût avion par temps avion et marché

On observe, à la vue de ces résultats, que plus le temps de transport en avion augmente, plus la valeur de l'élasticité se rapproche de un en valeur absolue. A l'inverse, plus la taille du marché augmente, plus l'élasticité tend vers zéro en valeur absolue. Le coût avion devient plus élastique lorsque le temps avion augmente, et moins élastique lorsque la taille du marché est élevée. Andrikopoulos et Baxevanidis (chapitre 1) étaient arrivés aux résultats suivants: ils disaient qu'avec le temps, la demande pour le transport aérien devenait moins sensible (inélastique) au coût et à la distance. Selon Gronau, les voyageurs d'affaires sont beaucoup plus sensibles au coût que les voyageurs d'agrément.

Sobieniak évalue son élasticité prix à -1.78 comparativement à -0.29 pour notre modèle.

L'élasticité de la variable temps avion provient de la variable temps avion comme tel et de la variable temps automobile sur temps avion. Le résultat est le suivant :

	Temps	court	moyen	élevé
Marché	petit	-1.4617	-2.0303	-2.9612
	moyen	-0.3590	-0.2787	-0.2435
	grand	-0.0117	-0.0311	-0.0668

Tableau 8
Elasticités temps avion par temps avion et marchés

Ici, plus le marché est élevé, plus le temps devient inélastique. Ce résultat nous indique premièrement que l'effet temps est moindre lorsque les grands marchés sont étudiés et deuxièmement que les gens sont plus sensibles au temps en présence de petits marchés. Darrow et Wilson ont obtenu une élasticité de -2.14 pour le temps dans le cas des provinces Atlantiques où les marchés et le temps de transport sont généralement de petits à moyens. Pour Wilson et Kohn, le temps a une élasticité de -0.64 . Wilson et Kohn ont utilisé sensiblement les mêmes paires de villes que Darrow et Wilson pour arriver à cette conclusion. L'introduction de plus grandes villes est peut-être la cause de la réduction de

l'élasticité.

Observons maintenant la matrice des élasticités de la variable fréquence des transporteurs étudiés :

	Temps	court	moyen	élevé
Marché	petit	0.0000	0.0000	0.0000
	moyen	0.0068	0.0387	0.0727
	grand	0.0021	0.0747	0.0501

Tableau 9
Elasticités fréquence par temps avion et marchés

Nous ne pouvons pas dire grand chose sur les petits marchés puisque nos transporteurs étaient absents des marchés choisis pour cette étude. On peut dire que pour les déplacements courts, les gens sont beaucoup moins sensibles (au moins 10 fois moins) à un changement de la fréquence par rapport aux marchés avec temps moyen et élevé de transport. Ceci peut s'expliquer par le fait que lorsque le temps de se déplacer est court, une fréquence moindre ne fait qu'augmenter le temps d'attente aux aéroports, mais puisque le temps de se déplacer est déjà court cela n'affecte pas beaucoup les voyageurs. L'élasticité de cette variable n'a malheureusement pas été étudiée par les auteurs du chapitre 1.

Nous allons maintenant étudier la variable population

active en origine seulement puisqu'on retrouve les mêmes résultats en destination pour la matrice étudiée (les valeurs diffèrent mais l'interprétation demeure la même). Pour la variable population active en origine on a :

	Temps	court	moyen	élevé
Marché	petit	0.3085	0.1906	0.4543
	moyen	0.0370	0.0112	0.0219
	grand	0.0015	0.0005	0.0032

Tableau 10
Elasticités population active par temps avion
et marchés

On remarque, encore une fois, que plus le marché est grand plus la demande devient inélastique à un changement dans la population active. Le temps ne suit pas un "pattern" particulier quant aux élasticités. Darrow et Wilson arrivent (avec leur marché et temps de transport petit à moyen) à une élasticité du produit des populations quasi-similaire à l'élasticité de notre variable population (élasticité de 0.64). Gronau trouve une élasticité de 0.75 pour la variable population. Keesler a subdivisé son modèle par rapport à la population des villes et l'élasticité du produit des populations peut se lire ainsi : petite population, élasticité de 1.1126; population moyenne, élasticité de 1.3518 et grosse population, élasticité de -0.2226. Si on suppose que pour une taille de population correspond un marché de grandeur

correspondante, on peut donc dire que Keesler obtient à peu près le même résultat pour les petits marchés mais s'éloigne pour les marchés de taille moyenne et n'a pas le bon résultat pour les grands marchés (signe négatif). Pinton obtient une élasticité de 0.27 pour la population en origine. Il faut cependant dire que ces résultats s'adapte aussi à la demande en transport ferroviaire. Nos résultats sont donc similaires à ceux que l'on retrouve dans la littérature à ce sujet.

Pour les mêmes raisons citées pour la population active, nous n'étudierons que le nombre de travailleurs dans le commerce en origine. Voici donc les résultats obtenus :

	Temps	court	moyen	élevé
Marché	petit	2.1362	1.8263	9.0907
	moyen	0.2939	0.6272	0.2778
	grand	0.0243	0.0196	0.1110

Tableau 11
Elasticités travailleurs dans le commerce
par temps avion et marchés

Encore une fois, le marché influe la sensibilité de la variable. Un grand marché rendra le facteur de la variable commerce inélastique. Le temps ne suit pas un "pattern" particulier quant aux élasticités. Pour Keesler, la variable se rapprochant de notre variable commerce est le ratio des ventes au détail per capita et de la moyenne nationale des

ventes au détail per capita. Pour les groupes de population de Keesler, on a les résultats suivants : un petit marché a une élasticité de -0.80 , les marchés de taille moyenne ont une élasticité de 0.49 et les marchés de grande taille ont une élasticité de -0.09 . Pour cet auteur, la seule variable avec une élasticité du bon signe se rapproche des élasticités obtenus pour les marchés de taille moyenne de notre modèle. De la même façon, si on considère la variable vente au détail de Wilson et Kohn comme variable similaire à la variable commerce de notre modèle, l'élasticité de ces auteurs pour cette variable est de 0.77 . Notre modèle (pour les petits marchés) se rapproche donc du résultat obtenu par ces auteurs.

En conclusion, on peut donc dire qu'en général la taille du marché étudié a un impact sur la sensibilité de la plupart des variables du modèle de demande en transport aérien. Le facteur temps semble n'avoir d'impact que sur les variables du réseau de notre modèle. Les résultats sur les élasticités se rapprochent, à quelques exceptions près (e.g. variable coût avion), des résultats obtenus par les auteurs de notre revue de la littérature.

La prochaine section est consacrée aux tests sur la validité de faire une distinction entre les variables d'origine

et de destination.

3.5 Tests d'hypothèse sur les variables socio-économiques

Nous prouverons dans cette section qu'il y a bel et bien distinction entre les variables décrivant l'origine et celles décrivant la destination. Cette partie représente le coeur de ce travail. On se souvient que le but de cet ouvrage consistait à démontrer que l'effet des variables décrivant l'origine était distinct de celui associé à la destination. Nous montrerons que les variables apparaissant en origine uniquement sont essentiellement des variables génératrices de déplacements et que, de façon significative, il ne peut en être autrement. De la même manière, nous montrerons que les variables employées en destination uniquement ne peuvent être que des variables d'attraction des déplacements et qu'il ne peut significativement en être autrement. Pour les variables apparaissant en origine et en destination, nous montrerons que le coefficient apparaissant en origine est significativement différent de celui apparaissant en destination. Si les tests sont concluants, nous aurons alors démontré le bien-fondé de notre analyse.

Pour effectuer nos tests, nous utiliserons le maximum de vraisemblance des modèles estimés. On sait que moins deux

fois le ratio du logarithme du modèle contraint et du modèle non contraint suit une loi χ^2 avec un nombre de degrés de liberté équivalent à la différence du nombre de paramètres estimés pour le modèle contraint et non contraint :

$$-2 * \log(\text{ML}(\text{contraint})/\text{ML}(\text{non contraint})) \quad \chi^2(q)$$

où ML = maximum de vraisemblance et q = différence du nombre de paramètres estimés entre le modèle non contraint et contraint

Pour faire la première série de tests, nous emploierons à titre de modèle contraint, le modèle final. Le modèle non contraint correspondra au modèle final mais avec, en plus, l'ajout d'une variable. Cette variable sera la version destination d'une variable uniquement en origine et la version origine pour une variable uniquement de destination.

La deuxième partie aura comme modèle non contraint le modèle final. Le modèle contraint sera le même que le modèle final sauf qu'au lieu d'avoir un coefficient pour la variable apparaissant en origine et un autre pour la même variable apparaissant en destination, il n'y aura qu'un seul coefficient pour la variable représentant la somme de la variable en origine et en destination. Supposons que le modèle non-contraint est le suivant :

$$Y = \beta_1 X_1^{(O)} + \beta_2 X_2^{(D)}$$

la dérivée de la demande par rapport à chacune des variables sera donc :

$$(dY/dX_i) = \beta_i X_i^{\mu-1} \quad i=1,2.$$

Une façon de contraindre le modèle pour que ces deux dérivées soient égales est de poser :

$$Y = \beta(X_1 + X_2)^{\mu}$$

et la dérivée pour les deux variables sera :

$$(dY/dX_i) = \beta(X_1 + X_2)^{\mu-1} \quad i=1,2.$$

Pour les deux catégories de test, le nombre du degré de liberté sera deux, puisque le modèle contraint aura le paramètre du coefficient et le paramètre de l'exposant en moins. Nos tests seront conduits avec un niveau de confiance de 95 % et dans certains cas, à un niveau de confiance de 90 %.

Examinons tout d'abord les tests effectués sur les variables appaissant uniquement en origine ou en destination.

Pour la variable du pourcentage d'immigrants dans la population active nous obtenons :

Log(max vraisemblance contraint) = 198.19
 Log(max vraisemblance non contraint) = 200.77
 Valeur du test = 5.17 $\chi^2(2,0.95) = 5.99$

Tableau 12

Test sur le coefficient de la variable immigrant
de la province d'origine en destination

Le test nous indique que l'ajout de la variable ne change pas notre modèle de façon significative. Il est donc inutile d'ajouter cette variable en destination.

Nous avons, pour la variable travailleurs dans les services, le résultat suivant :

Log(max vraisemblance contraint) = 198.19
 Log(max vraisemblance non contraint) = 198.81
 Valeur du test = 1.25 $\chi^2(2,0.95) = 5.99$

Tableau 13

Test sur le coefficient de la variable travailleurs
dans les services en destination

L'ajout de cette variable en destination n'est donc pas nécessaire pour notre modèle.

Nous avons ensuite la variable travailleurs dans le bâtiment et les travaux publics qui donne :

Log(max vraisemblance contraint) = 198.19
 Log(max vraisemblance non contraint) = 198.51
 Valeur du test = 0.65 $\chi^2(2,0.95) = 5.99$

Tableau 14

Test sur le coefficient de la variable travailleurs
dans le bâtiment et les travaux publics en destination

Le test est encore une fois concluant : cette variable n'a pas besoin d'être en destination.

Pour la part d'immigrants dans la population active nous obtenons :

Log(max vraisemblance contraint) = 198.19
 Log(max vraisemblance non contraint) = 200.60
 Valeur du test = 4.83 $\chi^2(2, 0.95) = 5.99$

Tableau 15
 Test sur le coefficient de la variable immigrants
 de la province de destination en origine

Cette variable n'est donc propre qu'à la destination pour notre modèle.

La scolarisation en origine nous a donné :

Log(max vraisemblance contraint) = 198.19
 Log(max vraisemblance non contraint) = 198.19
 Valeur du test = 0.003 $\chi^2(2, 0.95) = 5.99$

Tableau 16
 Test sur le coefficient de la variable
 scolarisation en origine

Nous n'avons pas à inclure cette variable en origine en ce qui concerne notre modélisation.

Lorsqu'on considère les employés du secteur manufacturier en origine, on a :

On ne peut rejeter l'hypothèse d'égalité des coefficients à un niveau de confiance de 95 %, mais on rejette l'hypothèse à un niveau de confiance de 90 %. Notre hypothèse de l'inégalité des coefficients se vérifie donc au niveau de confiance mentionné ci-haut.

De la seconde variable, travailleurs dans le secteur du commerce, résulte :

$$\begin{aligned} \text{Log(max vraisemblance contraint)} &= 197.33 \\ \text{Log(max vraisemblance non contraint)} &= 200.29 \\ \text{Valeur du test} &= 5.93 \qquad \chi^2(2, 0.95) = 5.99 \end{aligned}$$

Tableau 19
Test sur l'égalité des coefficients de la variable
travailleurs dans le commerce

Des problèmes numériques nous ont obligés d'estimer les T. B.-C. sans regroupement des variables. Nous avons dû faire de même pour notre modèle final afin d'être en mesure de comparer les deux modèles. On est arrivé au résultat suivant : on peut rejeter l'hypothèse d'égalité des coefficients. Il est donc meilleur, pour notre modèle, d'utiliser deux coefficients distincts (un pour l'origine et un autre pour la destination).

On a donc réussi à montrer que les variables décrivant l'origine sont différentes de celles décrivant la destination et, dans le cas où elles sont similaires, leur coefficient doit

différer.

CONCLUSION

Ce chapitre nous a permis de présenter une calibration d'un modèle de demande en transport aérien au Canada qui démontre qu'il existe des variables servant à décrire le lieu d'origine et le lieu de destination du voyageur.

Nous avons commencé par présenter la liste des variables que nous avons retenues pour le modèle. La vérification de cette hypothèse a été réalisée à partir de certaines variables obtenues d'une façon particulière. La procédure employée a été décrite pour le lecteur.

Nous avons, par la suite, mentionné le problème d'hétéroscédasticité, problème qui survient surtout lors d'estimations de coupes transversales. Pour ce faire, nous avons décrit les méthodes employés par les auteurs retenus dans la revue de la littérature. Ensuite, nous en avons profité pour présenter la méthode utilisée.

Il ne restait plus qu'à montrer le modèle final sous ses différentes formulations. Le modèle comportait trois formulations décrites par les trois estimations suivantes :

avec la forme log-log, la forme fonctionnelle et la forme fonctionnelle comportant en plus le traitement de l'hétéroscédasticité. Suite à la présentation, nous avons analysé les résultats de la forme log-log et de la forme estimée avec traitement de l'hétéroscédasticité.

Certaines variables ont été analysées plus en détail. Nous avons divisé notre échantillon pour étudier le comportement de l'élasticité pour chacune d'elles. Nous avons confronté les résultats obtenus à ceux des auteurs de la revue de la littérature.

La dernière étape a consisté à prouver formellement qu'il existait effectivement une différence entre les variables décrivant l'origine et celles décrivant la destination. De plus, nous avons prouvé que certaines variables, lorsqu'elles se manifestent en origine et en destination, ont un coefficient significativement différent.

En résumé, le modèle présenté compte six variables du réseau, cinq variables pour l'origine et autant pour la destination et douze variables auxiliaires. On a, de plus, estimé la forme fonctionnelle et l'hétéroscédasticité. Il y a certes quelques failles comme l'emploi de variables auxiliaires pour

décrire des phénomènes que nous n'avons pu déterminer, des signes non attendus et quelques élasticités qui semblent élevées. Mais globalement, les résultats obtenus semblent satisfaisants.

Nous avons dit globalement parce que l'étude du terme d'erreur nous indique que pour certains marchés, le pourcentage d'erreur dépassait de loin 10 %. C'est ainsi que, globalement, le modèle donne un aperçu de la demande en transport aérien au Canada, mais une étude marché par marché pourrait mener à des erreurs d'estimation. Une suite à ce modèle serait de pouvoir capter les effets inexplicables pour les marchés dont l'erreur d'estimation est trop élevée.

C O N C L U S I O N

Les conclusions que nous pouvons tirer de ce travail sont nombreuses. Nous avons tout d'abord vu, avec la complicité des auteurs de la revue, que le choix des variables socio-économiques pour évaluer la demande en transport en général est une étape cruciale de l'estimation. En effet, ce choix décidera du type de déplacement que l'on veut étudier (pour affaires, pour agrément ou autres).

Ces variables devront apporter une information sur l'aspect démographique, économique et organisationnel des zones à l'étude. De plus, il faut distinguer les variables qui sont génératrices de déplacements (utilisées en origine) et celles qui sont considérées d'attraction (utilisées en destination). Ce résultat coïncide avec l'hypothèse de départ de ce travail, à savoir s'il existe une différence entre les variables décrivant l'origine et celles décrivant la destination.

Nous avons aussi vu l'importance du choix de la forme fonctionnelle du modèle. Un modèle contraint à la forme logarithmique nous donne des résultats moins satisfaisants que lorsque nous permettons aux variables d'avoir leur propre forme fonctionnelle. Dans ce cas, nous avons pu noter une amélioration de notre modèle lorsqu'on examine le changement dans la valeur du maximum de vraisemblance pour les trois

formes du modèle.

Puis comme l'avaient souligné, parfois indirectement, certains auteurs, les modèles où le marché comprend des écarts excessifs entre les observations apportent des problèmes d'hétéroscédasticité. Par conséquent, nous avons utilisé une méthode (que nous jugeons supérieure à celles employées par les auteurs) permettant d'enrayer l'effet de cette dernière et de l'estimer sans modifier notre échantillon.

Naturellement, ces résultats ne s'appliquent que dans les conditions énumérées dans ce document, mais l'approche méthodologique employée pour le choix des variables socio-économiques dans des conditions similaires devrait, si elle n'est pas la même, tout au moins y ressembler.

Enfin le résultat majeur de ce travail concerne la différenciation des variables d'origine et de destination. Nous avons vu que le modèle final comportait des variables décrivant l'origine et la destination. Dans la plupart des cas, elles étaient significatives et avec des élasticités raisonnables. La forme estimée avec traitement de l'hétéroscédasticité semble convenir le mieux à notre modèle de demande. Même si elles étaient à peu près toutes

significatives, cela ne veut pas dire que l'on doit nécessairement faire une différenciation des variables d'origine et destination. Pour le prouver, nous avons conduit des tests sur chacune des variables en origine et en destination. Les résultats ont montré qu'il existait une différence significative entre les variables décrivant l'origine et celles décrivant la destination. Ce résultat confirme nos doutes : il existe vraiment une différence entre les variables d'origine et de destination pour la modélisation de la demande en transport aérien.

Il est évident et logique que le modèle idéal serait celui qui serait basé sur l'offre et la demande et qui aurait assez de souplesse pour tenir compte des changements structurels.

A P P E N D I C E 1

Le modèle de gravité

Ce modèle tire ses origines de la formule de Newton concernant l'attraction entre deux corps et l'énergie de deux masses dans le champ gravitationnel :

$$A = k \frac{m_1 m_2}{r}$$

Pour les démographes, le nombre d'interactions entre deux populations est exprimé par :

$$I_{i,j} = k \frac{P_i P_j}{d^{b_{i,j}}}$$

où $I_{i,j}$ dénote le nombre d'interactions entre les résidents des régions i et j

k est une constante de proportionnalité

P_i et P_j sont respectivement les populations des régions i et j

$d^{b_{i,j}}$ est la distance entre les régions i et j , élevée à une puissance appropriée b .

Pour une discussion plus approfondie et un historique

plus détaillé de ce modèle, il est à conseiller de se référer au chapitre 3 de la partie I de l'ouvrage de Keesler.

[10,pp. 22-29]

A P P E N D I C E 2Données socio-économiques disponibles

<u>No.</u>	<u>Description</u>
1	Population 1976
2	Population 1981
3	Superficie
4	Densité de la population
5	TOTAL MASCULIN
6	0 - 4 ans
7	5 - 9 ans
8	10 - 14 ans
9	15 - 19 ans
10	20 - 24 ans
11	25 - 34 ans
12	35 - 44 ans
13	45 - 54 ans
14	55 - 64 ans
15	65 - 69 ans
16	70 et plus
17	TOTAL FEMININ
18	0 - 4 ans
19	5 - 9 ans
20	10 - 14 ans
21	15 - 19 ans
22	20 - 24 ans
23	25 - 34 ans
24	35 - 44 ans
25	45 - 54 ans
26	55 - 64 ans
27	65 - 69 ans
28	70 et plus

29	Célibataires Total
30	Célibataires 15 ans et plus
31	Marié(e)s
32	Veufs - veuves
33	Divorcé(e)s
34	Anglais
35	Français
36	Autre
37	Total logements privés occupés
38	Possédés
39	Loués
40	Individuels non attenants
41	Individuels attenants
42	Appartements 5 étages et plus
43	Appartements moins de 5 étages
44	Duplex
45	TOTAL MENAGES PRIVES
46	1
47	2
48	3
49	4 - 5
50	6 - 9
51	10 et plus
52	0
53	1
54	2 et plus
55	Population dans les ménages privés
56	Nombre moyen de personnes / ménage privé
57	Familles dans les ménages privés
58	Familles époux - épouse
59	Familles monoparentales
60	0
61	1
62	2
63	3 - 4
64	5 et plus
65	Enfants à la maison
66	Moins de 6 ans
67	6 - 14 ans
68	15 - 17 ans

69	18 - 24 ans
70	25 et plus
71	Nombre moyen de personnes / famille
72	Nombre moyen d'enfants / famille
73	Personne faisant partie d'une famille / ménage privé
74	Personne hors famille / ménage privé

MOBILITE

75	Population de 5 ans et plus
76	Personnes n'ayant pas déménagé
77	Personnes ayant déménagé
78	Non-migrants
79	Migrants
80	Total des immigrants internes
81	De la même province
82	De la même division de recensement
83	D'une autre division de recensement
84	D'une autre province
85	De l'extérieur du Canada
86	Total des émigrants internes
87	Dans la même province
88	Dans la même division de recensement
89	Dans une autre division de recensement
90	Dans une autre province
91	Migration interne nette 1976 - 1981

LANGUE PARLEE A LA MAISON

92	Langue maternelle anglaise
93	Langue anglaise parlée à la maison
94	Langue française parlée à la maison
95	Langue maternelle française
96	Langue anglaise parlée à la maison
97	Langue française parlée à la maison
98	Autres langues maternelles
99	Langue anglaise parlée à la maison
100	Langue française parlée à la maison
101	Langue parlée à la maison même que langue mat.

LANGUE OFFICIELLE

102	Anglais seulement
103	Français seulement
104	Anglais et français
105	Ni l'anglais ni le français

ORIGINE ETHNIQUE

106	Origines uniques
107	Britannique
108	Française
109	Autres
110	Origines multiples

RELIGION

111	Catholique
112	Protestante
113	Eglise unie
114	Anglicane
115	Orthodoxe orientale
116	Juive
117	Aucune préférence religieuse indiquée
118	Non-chrétienne orientale
119	Autres

LIEU DE NAISSANCE

120	Née au Canada
121	Née dans la province de résidence
122	Née en dehors du Canada
123	Etats-Unis d'Amérique
124	Autre Amérique
125	Royaume-Uni
126	Autre Européen
127	Asie

PERIODE D'IMMIGRATION

128	Avant 1945
129	1945 - 1964
130	1965 - 1978
131	1979 - 1981

AGE A L'IMMIGRATION

132	0 - 4 ans
133	5 - 19 ans
134	20 ans et plus

135	POPULATION DE 15 ANS ET PLUS
136	Fréquentant l'école à plein temps
137	Ne fréquentant pas l'école à plein temps
	PLUS HAUT NIVEAU DE SCOLARITE
138	N'ayant pas atteint la 9e année
139	9e - 13e année - sans certificat d'études sec.
140	- avec certificat d'études sec.
141	Certificat ou diplôme d'une école de métiers
	Autres études non-universitaires seulement
142	- sans certificat
143	- avec certificat
144	Etudes universitaires - sans grade
145	- avec grade
146	LOGEMENTS PRIVES OCCUPES
147	Nombre moyen de pièces par logement
148	Période de construction - avant 1946
149	- 1946 - 1960
150	- 1961 - 1970
151	- 1971 - 1981
152	Logements - avec une salle de bains
153	- avec plus d'une salle de bains
154	- avec chauffage central
155	- nécessitant des réparations mineures
156	- nécessitant des réparations majeures
157	Valeur moyenne du logement
	MENAGES PRIVES
158	Nombre moyen de personnes par pièce
159	Durée médiane d'occupation
160	Loyer brut moyen (mensuel)
161	Loyer brut > 25% du revenu du ménage
162	Moyenne des principales dépenses de prop. (mens.)
163	Principales dépenses de prop. > 25% revenu ménage

ACTIVITE

164	Hommes - population active totale
165	Faisant partie de la population active
166	Occupés
167	En chômage
168	Ne faisant pas partie de la population active
169	Ayant travaillé en 1981 ou en 1980
170	Taux d'activité
171	15 - 24 ans
172	25 ans et plus
173	Mariés (les séparés non compris)
174	Taux de chômage
175	15 - 24 ans
176	25 ans et plus
177	Femmes - population active totale
178	Faisant partie de la population active
179	Occupées
180	En chômage
181	Ne faisant pas partie de la population active
182	Ayant travaillé en 1981 ou en 1980
183	Taux d'activité
184	15 - 24 ans
185	25 ans et plus
186	Mariées (les séparées non comprises)
187	Taux de chômage
188	15 - 24 ans
189	25 ans et plus

GRANDS GROUPES PROFESSIONNELS

190	Hommes - population active totale
191	Profession - sans objet
192	Toutes les professions
193	Directeurs, gérants, administrateurs et personnel assimilé
194	Enseignants et personnel assimilé
195	Médecine et santé
196	Professions tech., soc., rel., art. et personnel assimilé
197	Employés de bureau et travailleurs assimilés
198	Travailleurs spécialisés dans la vente
199	Travailleurs spécialisés dans les services
200	Professions primaires
201	Travailleurs des industries de transformation
202	Usineurs, trav. spéc. dans la fabric.

203	le montage et la réparation de produits
204	Travailleurs du bâtiment
205	Personnel d'exploitation des transports
	Autres
206	Femmes - population active totale
207	Profession - sans objet
208	Toutes les professions
209	Directeurs, gérants, administrateurs et personnel assimilé
210	Enseignants et personnel assimilé
211	Médecine et santé
212	Professions tech., soc., rel., art. et personnel assimilé
213	Employés de bureau et travailleurs assimilés
214	Travailleurs spécialisés dans la vente
215	Travailleurs spécialisés dans les services
216	Professions primaires
217	Travailleurs des industries de transformation
218	Usineurs, trav. spéc. dans la fabric. le montage et la réparation de produits
219	Autres

DIVISIONS D'ACTIVITE ECONOMIQUE

220	Les deux sexes - population active totale
221	Activité économique - sans objet
222	Toutes les activités économiques
223	Industries primaires
224	Industries manufacturières
225	Bâtiment et travaux publics
226	Transport, communications et autres services publics
227	Commerce
228	Finances, assurances et affaires immobilières
229	Services socio-culturels, commerciaux et personnels
230	Administration publique et défense

STATUT PROFESSIONNEL

231	Hommes - tous les statuts professionnels
232	Travailleurs rémunérés
233	Travailleurs autonomes
234	Femmes - tous les statuts professionnels

235 Travailleuses rémunérées
236 Travailleuses autonomes

REVENU EN 1980 : TOTAL

237 Hommes de 15 ans et plus ayant un revenu
238 Moins de \$ 2000
239 \$ 2000 - \$ 3999
240 4000 - 5999
241 6000 - 9999
242 10000 - 14999
243 15000 - 19999
244 20000 - 24999
245 25000 et plus
246 Revenu moyen
247 Revenu médian
248 Erreur type du revenu moyen

249 Femmes de 15 ans et plus ayant un revenu
250 Moins de \$ 1000
251 \$ 1000 - \$ 1999
252 2000 - 2999
253 3000 - 3999
254 4000 - 5999
255 6000 - 7999
256 8000 - 9999
257 10000 - 14999
258 15000 et plus
259 Revenu moyen
260 Revenu médian
261 Erreur type du revenu moyen

REVENU D'EMPLOI

262 Hommes de 15 ans et plus ayant travaillé en 1980
263 Sans revenu d'emploi
264 Avec un revenu d'emploi
265 Moins de \$ 2000
266 \$ 2000 - \$ 4999
267 5000 - 9999
268 10000 - 11999
269 12000 - 14999
270 15000 - 17999
271 18000 - 19999
272 20000 - 24999
273 25000 et plus

274	Moyenne du revenu d'emploi déclaré
275	Médiane du revenu d'emploi déclaré
276	Erreur type de la moyenne du revenu d'emploi déc.
277	Femmes de 15 ans et plus ayant travaillé en 1980
278	Sans revenu d'emploi
279	Avec un revenu d'emploi
280	Moins de \$ 1000
281	\$ 1000 - \$ 1999
282	2000 - 2999
283	3000 - 4999
284	5000 - 7999
285	8000 - 9999
286	10000 - 11999
287	12000 - 14999
288	15000 et plus
289	Moyenne du revenu d'emploi déclaré
290	Médiane du revenu d'emploi déclaré
291	Erreur type de la moyenne du revenu d'emploi déc.

REVENU DE LA FAMILLE DE RECENSEMENT

292	Toutes les familles
293	Moins de \$ 5000
294	\$ 5000 - \$ 9999
295	10000 - 14999
296	15000 - 19999
297	20000 - 24999
298	25000 - 29999
299	30000 - 39999
300	40000 et plus
301	Revenu moyen
302	Revenu médian
303	Erreur type du revenu moyen

REVENU DES PERSONNES HORS FAM. DE PLUS DE 15 ANS

304	Toutes les personnes hors famille
305	Moins de \$ 2000
306	\$ 2000 - \$ 3999
307	4000 - 5999
308	6000 - 9999
309	10000 - 14999
310	15000 - 19999
311	20000 - 24999
312	25000 et plus

313 Revenu moyen
314 Revenu médian
315 Erreur type du revenu moyen

FREQUENCE DES FAIBLES REVENUS

316 Toutes les familles économiques
317 Familles économiques à faible revenu
318 Fréquence des faibles revenus
319 Toutes les personnes seules
320 Personnes seules à faible revenu
321 Fréquence des faibles revenus

REVENU DU MENAGE PRIVE

322 Tous les ménages
323 Moins de \$ 5000
324 \$ 5000 - \$ 9999
325 10000 - 14999
326 15000 - 19999
327 20000 - 24999
328 25000 - 29999
329 30000 - 39999
330 40000 et plus
331 Revenu moyen
332 Revenu médian
333 Erreur type du revenu moyen

334 Ventes au détail

A P P E N D I C E 3

PAIRES DE VILLE DU MODELE

No.	Origine	Destination
<hr/>		
1	Sault Ste-Marie	Edmonton
2	Sault Ste-Marie	Ottawa
3	Sault Ste-Marie	Windsor
4	Sault Ste-Marie	Moncton
5	Sault Ste-Marie	Timmins
6	Sault Ste-Marie	Montréal
7	Sault Ste-Marie	Calgary
8	Sault Ste-Marie	Toronto
9	Edmonton	Sault-Ste-Marie
10	Edmonton	Frédéricton
11	Edmonton	Halifax
12	Edmonton	Stephenville
13	Edmonton	Ottawa
14	Edmonton	Québec
15	Edmonton	Windsor

16	Edmonton	Moncton
17	Edmonton	Régina
18	Edmonton	Gander
19	Edmonton	Thunder Bay
20	Edmonton	Saint Jean
21	Edmonton	Timmins
22	Edmonton	Montréal
23	Edmonton	Vancouver
24	Edmonton	Winnipeg
25	Edmonton	Saskatoon
26	Edmonton	North Bay
27	Edmonton	Victoria
28	Edmonton	St-John's
29	Frédéricton	Ottawa
30	Frédéricton	Québec
31	Frédéricton	Montréal
32	Frédéricton	Calgary
33	Frédéricton	Toronto
34	Halifax	Edmonton
35	Halifax	Ottawa
36	Halifax	Québec
37	Halifax	Windsor
38	Halifax	Yarmouth
39	Halifax	Régina
40	Halifax	Thunder Bay

41	Halifax	Sydney
42	Halifax	Sudbury
43	Halifax	Saint-Jean
44	Halifax	Montréal
45	Halifax	Vancouver
46	Halifax	Winnipeg
47	Halifax	Saskatoon
48	Halifax	Calgary
49	Halifax	Victoria
50	Halifax	St-John's
51	Halifax	Toronto
52	Stephenville	Edmonton
53	Stephenville	Gander
54	Stephenville	Montréal
55	Stephenville	Winnipeg
56	Stephenville	Toronto
57	Ottawa	Sault-Ste-Marie
58	Ottawa	Edmonton
59	Ottawa	Frédéricton
60	Ottawa	Halifax
61	Ottawa	Québec
62	Ottawa	Windsor
63	Ottawa	Moncton
64	Ottawa	Régina
65	Ottawa	Thunder Bay

66	Ottawa	Sydney
67	Ottawa	Sudbury
68	Ottawa	Saint-Jean
69	Ottawa	Timmins
70	Ottawa	Montréal
71	Ottawa	Vancouver
72	Ottawa	Winnipeg
73	Ottawa	Saskatoon
74	Ottawa	London
75	Ottawa	Calgary
76	Ottawa	Victoria
77	Ottawa	St-John's
78	Ottawa	Toronto
79	Ottawa	Sept-Iles
80	Québec	Edmonton
81	Québec	Frédéricton
82	Québec	Halifax
83	Québec	Ottawa
84	Québec	Windsor
85	Québec	Moncton
86	Québec	Thunder Bay
87	Québec	Timmins
88	Québec	Montréal
89	Québec	Rouyn
90	Québec	Val D'Or

91	Québec	Vancouver
92	Québec	Winnipeg
93	Québec	North Bay
94	Québec	Calgary
95	Québec	St-John's
96	Québec	Toronto
97	Windsor	Sault-Ste-Marie
98	Windsor	Edmonton
99	Windsor	Halifax
100	Windsor	Ottawa
101	Windsor	Québec
102	Windsor	Moncton
103	Windsor	Régina
104	Windsor	North Bay
105	Windsor	Sudbury
106	Windsor	Saint-Jean
107	Windsor	Montréal
108	Windsor	Vancouver
109	Windsor	Winnipeg
110	Windsor	Calgary
111	Windsor	Victoria
112	Windsor	Toronto
113	Watson Lake	Edmonton
114	Watson Lake	Prince George
115	Yarmouth	Halifax

116	Yarmouth	Toronto
117	Moncton	Edmonton
118	Moncton	Ottawa
119	Moncton	Québec
120	Moncton	Windsor
121	Moncton	Régina
122	Moncton	Thunder Bay
123	Moncton	Montréal
124	Moncton	Vancouver
125	Moncton	Winnipeg
126	Moncton	Calgary
127	Moncton	Toronto
128	Régina	Edmonton
129	Régina	Halifax
130	Régina	Ottawa
131	Régina	Québec
132	Régina	Windsor
133	Régina	Moncton
134	Régina	Sudbury
135	Régina	Saint-Jean
136	Régina	Montréal
137	Régina	Vancouver
138	Régina	Winnipeg
139	Régina	North Bay
140	Régina	Calgary

141	Régina	Victoria
142	Régina	St-John's
143	Régina	Toronto
144	Thunder Bay	Halifax
145	Thunder Bay	Ottawa
146	Thunder Bay	Québec
147	Thunder Bay	Moncton
148	Thunder Bay	Sydney
149	Thunder Bay	Sudbury
150	Thunder Bay	Timmins
151	Thunder Bay	Montréal
152	Thunder Bay	Winnipeg
153	Thunder Bay	St-John's
154	Thunder Bay	Toronto
155	Gander	Edmonton
156	Gander	Stephenville
157	Gander	Montréal
158	Gander	Winnipeg
159	Gander	Calgary
160	Gander	Toronto
161	Sydney	Halifax
162	Sydney	Ottawa
163	Sydney	Québec
164	Sydney	Thunder Bay
165	Sydney	Sudbury

166	Sydney	Montréal
167	Sydney	Winnipeg
168	Sydney	London
169	Sydney	Calgary
170	Sydney	Toronto
171	Sudbury	Halifax
172	Sudbury	Ottawa
173	Sudbury	Windsor
174	Sudbury	Régina
175	Sudbury	Thunder Bay
176	Sudbury	Sydney
177	Sudbury	Montréal
178	Sudbury	Vancouver
179	Sudbury	Winnipeg
180	Sudbury	St-John's
181	Sudbury	Toronto
182	Saint-Jean	Edmonton
183	Saint-Jean	Halifax
184	Saint-Jean	Ottawa
185	Saint-Jean	Windsor
186	Saint-Jean	Régina
187	Saint-Jean	Montréal
188	Saint-Jean	Vancouver
189	Saint-Jean	Winnipeg
190	Saint-Jean	London

191	Saint-Jean	Calgary
192	Saint-Jean	Victoria
193	Saint-Jean	St-John's
194	Saint-Jean	Toronto
195	Timmins	Edmonton
196	Timmins	Halifax
197	Timmins	Ottawa
198	Timmins	Québec
199	Timmins	Moncton
200	Timmins	Régina
201	Timmins	Thunder Bay
202	Timmins	Montréal
203	Timmins	Vancouver
204	Timmins	Winnipeg
205	Timmins	Saskatoon
206	Timmins	Calgary
207	Timmins	North Bay
208	Timmins	Toronto
209	Montréal	Sault-Ste-Marie
210	Montréal	Edmonton
211	Montréal	Frédéricton
212	Montréal	Halifax
213	Montréal	Stephenville
214	Montréal	Ottawa
215	Montréal	Québec

216	Montréal	Windsor
217	Montréal	Moncton
218	Montréal	Régina
219	Montréal	Thunder Bay
220	Montréal	Gander
221	Montréal	Sydney
222	Montréal	Sudbury
223	Montréal	Saint-Jean
224	Montréal	Timmins
225	Montréal	Rouyn
226	Montréal	Val D'Or
227	Montréal	Vancouver
228	Montréal	Winnipeg
229	Montréal	Saskatoon
230	Montréal	London
231	Montréal	Whitehorse
232	Montréal	North Bay
233	Montréal	Calgary
234	Montréal	Victoria
235	Montréal	St-John's
236	Montréal	Toronto
237	Montréal	Sept-Iles
238	Rouyn	Québec
239	Rouyn	Montréal
240	Val D'Or	Québec

241	Val D'Or	Montréal
242	Val D'Or	Toronto
243	Vancouver	Edmonton
244	Vancouver	Halifax
245	Vancouver	Ottawa
246	Vancouver	Québec
247	Vancouver	Windsor
248	Vancouver	Moncton
249	Vancouver	Régina
250	Vancouver	Sudbury
251	Vancouver	Saint-Jean
252	Vancouver	Timmins
253	Vancouver	Montréal
254	Vancouver	Winnipeg
255	Vancouver	Saskatoon
256	Vancouver	Prince George
257	Vancouver	North Bay
258	Vancouver	Calgary
259	Vancouver	Victoria
260	Vancouver	St-John's
261	Vancouver	Toronto
262	Winnipeg	Edmonton
263	Winnipeg	Halifax
264	Winnipeg	Stephenville
265	Winnipeg	Ottawa

266	Winnipeg	Québec
267	Winnipeg	Windsor
268	Winnipeg	Moncton
269	Winnipeg	Régina
270	Winnipeg	Thunder Bay
271	Winnipeg	Gander
272	Winnipeg	Sydney
273	Winnipeg	Sudbury
274	Winnipeg	Saint-Jean
275	Winnipeg	Timmins
276	Winnipeg	Montréal
277	Winnipeg	Vancouver
278	Winnipeg	Saskatoon
279	Winnipeg	London
280	Winnipeg	Calgary
281	Winnipeg	Victoria
282	Winnipeg	St-John's
283	Winnipeg	Toronto
284	Saskatoon	Edmonton
285	Saskatoon	Frédéricton
286	Saskatoon	Halifax
287	Saskatoon	Ottawa
288	Saskatoon	Québec
289	Saskatoon	Windsor
290	Saskatoon	Timmins

291	Saskatoon	Moncton
292	Saskatoon	Montréal
293	Saskatoon	Vancouver
294	Saskatoon	Winnipeg
295	Saskatoon	North Bay
296	Saskatoon	Calgary
297	Saskatoon	Victoria
298	Saskatoon	St-John's
299	Saskatoon	Toronto
300	Terrace	Vancouver
301	London	Ottawa
302	London	Québec
303	London	Sydney
304	London	Saint-Jean
305	London	Montréal
306	London	Winnipeg
307	North Bay	Edmonton
308	North Bay	Halifax
309	North Bay	Ottawa
310	North Bay	Québec
311	North Bay	Régina
312	North Bay	Timmins
313	North Bay	Montréal
314	North Bay	Vancouver
315	North Bay	Saskatoon

316	North Bay	Calgary
317	North Bay	Toronto
318	Calgary	Sault-Ste-Marie
319	Calgary	Frédéricton
320	Calgary	Halifax
321	Calgary	Stephenville
322	Calgary	Ottawa
323	Calgary	Québec
324	Calgary	Windsor
325	Calgary	Moncton
326	Calgary	Régina
327	Calgary	Thunder Bay
328	Calgary	Gander
329	Calgary	Saint-Jean
330	Calgary	Timmins
331	Calgary	Montréal
332	Calgary	Vancouver
333	Calgary	Winnipeg
334	Calgary	Saskatoon
335	Calgary	North Bay
336	Calgary	Fort Nelson
337	Calgary	Victoria
338	Calgary	St-John's
339	Calgary	Toronto
340	Victoria	Edmonton

341	Victoria	Halifax
342	Victoria	Ottawa
343	Victoria	Moncton
344	Victoria	Saint-Jean
345	Victoria	Régina
346	Victoria	Montréal
347	Victoria	Vancouver
348	Victoria	Winnipeg
349	Victoria	Saskatoon
350	Victoria	Calgary
351	Victoria	St-John's
352	Victoria	Toronto
353	St-John's	Edmonton
354	St-John's	Halifax
355	St-John's	Ottawa
356	St-John's	Québec
357	St-John's	Régina
358	St-John's	Thunder Bay
359	St-John's	Sudbury
360	St-John's	Saint-Jean
361	St-John's	Montréal
362	St-John's	Vancouver
363	St-John's	Winnipeg
364	St-John's	Saskatoon
365	St-John's	Calgary

366	St-John's	Victoria
367	St-John's	Toronto
368	Toronto	Sault-Ste-Marie
369	Toronto	Edmonton
370	Toronto	Frédéricton
371	Toronto	Halifax
372	Toronto	Stephenville
373	Toronto	Ottawa
374	Toronto	Québec
375	Toronto	Windsor
376	Toronto	Yarmouth
377	Toronto	Moncton
378	Toronto	Regina
379	Toronto	Thunder Bay
380	Toronto	Gander
381	Toronto	Sydney
382	Toronto	Sudbury
383	Toronto	Saint-Jean
384	Toronto	Timmins
385	Toronto	Montreal
386	Toronto	Val D'Or
387	Toronto	Vancouver
388	Toronto	Winnipeg
389	Toronto	Saskatoon
390	Toronto	North Bay

391	Toronto	Calgary
392	Toronto	Victoria
393	Toronto	St-John's
394	Toronto	Sept-Iles

R E M E R C I E M E N T S

Rendez à César ce qui est à César, dit le proverbe. C'est donc dans cette section que je tenterai de rendre justice à ceux qui ont permis que ce mémoire devienne réalité.

J'aimerais, en tout premier lieu, exprimer ma gratitude à Richard Laferrière qui est l'instigateur de ce mémoire. Mais il a surtout été pour moi une source d'inspiration inépuisable. Sans compter ses heures, toujours disponible, il m'a apporté suggestions, commentaires et appui technique. Cet ouvrage aura atteint une certaine crédibilité grâce à son expertise.

Je n'oublierai pas non plus mon directeur de thèse Monsieur Marc J. I. Gaudry dont les commentaires et l'appui m'auront été d'un grand secours, non seulement pour la rédaction de ce mémoire, mais aussi tout au long de ma formation académique. Je remercie aussi mes lecteurs, Messieurs Claude Montmarquette et Pierre Lasserre pour leurs commentaires.

Je tiens aussi à remercier Monsieur Marcel Boyer, directeur du département de Sciences Economiques, qui m'a

accordé le temps nécessaire pour terminer mon travail.

 Finalement je ne voudrais pas passer sous silence le travail de dactylographie qui a été fait, en partie, par Suzie Lacoursière. Je lui en suis grandement reconnaissant.

B I B L I O G R A P H I E

- [1] Andrikopoulos, A. A. et Baxevanidis, Tassos. " Inter-Urban Demand for Air-Travel Services : The Case of Canada." International Journal of Transport Economics, vol. III, no. 3. Décembre 1981. pp. 339-350.
- [2] Bergeron, Jeannine. " La hiérarchie urbaine canadienne : une analyse des flux interurbains de passagers selon quatre modes de transport." Centre de Recherche sur les Transports, publication no. 300, Université de Montréal, Montréal. Janvier 1983. 99 p.
- [3] Box, G. E. P. et Cox, D. R. " An analysis of Transformations (with Discussion)." Journal of the Royal Statistical Society, Series B. 1962. pp. 211-243.
- [4] Darrow, D. F. et Wilson, Frank R. " Air Demand for Atlantic Canada." Tribune de l'ARTC, vol. 2, no. 4. 1976. pp. 21-25.
- [5] Goldfeld, S. M. et Quandt, R. E. " Some tests for Homoscedasticity." Journal of The American Statistical

Association. Septembre 1965.

- [6] Gronau, Reuben. " The Value of Travel Time. Theory and Measurement." Croom Helm, London. 1970. 213 p.
- [7] Kanafani, Adib. " Transportation Demand Analysis." McGraw Hill, Montréal. 1983. 320 p.
- [8] Johnston, E. E.. " Econometric Methods." McGraw Hill, 2nd édition, New York. 1972. 437 p.
- [9] Judge, George G.; Hill, Carter; Griffiths, William; Lütkepohl, Helmut et Chao, Tsoung-Chao. " Introduction to the Theory and Practice of Econometrics. John Wiley & Sons, New York U.S.A. 1982. 839 p.
- [10] Keesler, David S.. " Relationships Between Intercity Air Passengers and Economic and Demographic Factors - A Multiple Linear Regression Analysis." Mémoire présenté à l'Université Princeton. Janvier 1965. (Non publié)
- [11] Kraft, Gerald et Wohl, Martin. " New Directions for Passenger Demand Analysis and Forecasting." Special Survey Paper. Transportation Research, Vol. 1, Pergamon Press, Angleterre.

1967. pp. 205-230.

- [12] Liem, Tran C.; Dagenais, Marcel G. et Gaudry, Marc J. I..
" L-1.1 : A Program for Box-Cox Transformations in Regression Models with Heteroskedastic and Autoregressive Residuals."
Cahier no. 8314, Centre de Recherche en Développement Economique, Université de Montréal, Montréal. 1983. 70 p.
- [13] Maddala, G. S.. " Econometrics." McGraw Hill, New York. 1977.
516 p.
- [14] Meyburg, Arnim H.. " An Analysis of the Relationships Between Intercity Passenger Transportation and the Socio-Economic Characteristics of Metropolitan Areas." Transportation Research Forum. 1982. pp. 271-284.
- [15] Nicholson, Walter. " Microeconomic Theory : Basic Principles and Extensions." 2ème édition, The Dryden Press, Hinsdale, Illinois U.S.A. 1978. 694 p.
- [16] Organisation de Coopération et de Développement Economique. " Choix entre modes de transport de personnes en zone urbaine. Mesures et modèles." Septembre 1980. 128 p.

- [17] Pinton, Michel R.. " Socioeconomic Aspects." Dans " Studies in Travel Demand." vol. III, Mathematica, Princeton, N.J.. Juillet 1967. pp.75-109.
- [18] Russel's Guide. " Official Canadian Bus Guide." Russel's Guide Inc., volume 26 no. 11, Cedar Rapids, Iowa U.S.A. 1983. 129 p.
- [19] Sobieniak, J. W. " Forecasts of Passenger Travel in Canada's Domestic Long-Haul Air Market." Canadian Transport Commission Systems Analysis Branch. Report 44, Ottawa. Juillet 1972. 41 p.
- [20] Statistiques Canada. " Opérations des transporteurs aériens au Canada. Octobre-décembre 1980." Division des transports et des communications, Le centre des statistiques de l'aviation. Mai 1982. 121 p.
- [21] Stratman, Alan H.. " Air Transport Economics in the Supersonic Era." MacMillan St-Martin's Press, 2nd édition, London. 1973. 506 p.
- [22] Transport Canada. " Rapport provisoire sur le transport interurbain des passagers au Canada." Juin 1975. 24 p.
- [23] Transport Canada. " Transport interurbain de voyageurs au

- Canada. Une vue d'ensemble." Planification Stratégique. 19xx.
65 p.
- [24] Transport Canada. " Les voyages des Canadiens 1977-1980."
Gouvernement du Canada, Planification Stratégique. 19xx. 30 p.
- [25] Transport Canada. " Mode Choice for Intercity Passenger Travel
Montréal-Ottawa. A Working Paper." Transportation Development.
Août 1976. 108 p.
- [26] Vickerman, R. W.. " A Demand Model for Leisure Travel."
Environment and Planning A, vol. 6. 1974. pp. 65-77.
- [27] Wilson, Frank R. et Kohn, Harold M.. " Method for Forecasting
General Aviation Activity." Transportation Research Record no.
768.

