





Estimation des allocations d'équilibre dans  
l'industrie du taxi à New York à l'aide d'une  
fonction d'appariement

Rabah Kechad

Sciences de la gestion (Économie appliquée)

Mémoire présenté en vue de l'obtention du  
grade de maîtrise ès sciences (M.Sc.)

Avril 2016

# Remerciements

J'aimerais remercier mon directeur M. Robert Clark pour son soutien et ses conseils, mais également pour m'avoir fait découvrir une branche de la science économique qui me passionne : l'organisation industrielle. J'aimerais remercier M. Mohamed Jabir pour son aide quant à la programmation et le traitement des données. Je tiens également à remercier mes parents, Abdelkader et Nadia, pour ma qualité de vie et les opportunités qui m'ont été offertes grâce à eux. Finalement, ma petite Myriam qui à maintes reprises a dû patienter avant de passer du temps avec moi, car je travaillais sur ce papier.

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Revue de la littérature</b>	<b>9</b>
2.1	Mise en contexte . . . . .	9
2.2	Fonction d'appariement . . . . .	10
2.3	Inefficacité . . . . .	14
2.4	Facteurs qui affectent le nombre de rencontres . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Modèle</b>	<b>19</b>
3.1	Dynamique du modèle . . . . .	19
3.2	Conditions d'équilibre . . . . .	22
3.3	Différence entre les zones . . . . .	23
<b>4</b>	<b>Données</b>	<b>27</b>
4.1	Source et caractéristiques . . . . .	27

4.2	Statistiques descriptives . . . . .	29
<b>5</b>	<b>Méthodologie</b>	<b>35</b>
5.1	Construction spatiale . . . . .	35
5.2	Distribution stationnaire . . . . .	38
5.3	Niveau agrégé . . . . .	39
<b>6</b>	<b>Résultats</b>	<b>40</b>
6.1	Matrice des $\delta_{ij}$ et des $a_{ij}$ . . . . .	40
6.2	Attraction vis-à-vis des zones . . . . .	41
6.3	Nombre de rencontres agrégées . . . . .	43
6.4	Test du modèle de Lagos par zone . . . . .	45
6.5	Limites des données et difficultés . . . . .	50
<b>7</b>	<b>Conclusion</b>	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>Annexe</b>	<b>56</b>
8.1	Stationnarité . . . . .	56
8.2	Particularités de l'équilibre . . . . .	59
8.3	Nettoyage de la base de données . . . . .	60
8.4	Carte de Manhattan . . . . .	62
<b>9</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>63</b>

# Chapitre 1

## Introduction

L'industrie du taxi est en grande mutation. À l'aide du progrès technologique et l'arrivée des applications mobiles, il est possible de mettre en contact des individus voulant un service de transport et d'autres qui sont prêts à offrir ce service. Cet échange est monétisé et un pourcentage des profits va à l'offreur et un autre au gestionnaire de l'application. Dans le cas d'Uber par exemple, 20% va au gestionnaire et 80% au chauffeur<sup>1</sup>. On peut donc considérer la venue de ces firmes comme l'entrée d'une nouvelle firme dans l'industrie du taxi, car comme les taxieurs<sup>2</sup>, il ne s'agit pas de partage de conduite, mais plutôt un partage avec profit (Anderson 2014), ce qu'il faut comprendre est que cet échange est monétisé et non pas exécuté par volonté d'altruisme. Un partage de conduite signifie des pratiques altruistes où la volonté de générer un revenu est absente. L'utilisation d'application telle qu'Uber ne rentre pas dans cette catégorie. Les conducteurs qui utilisent ces applications veulent générer un profit. Les nouvelles firmes les plus connues sont Uber, Lyft et Sidecar. On parle de nouvelles firmes dans l'industrie du taxi car, elles offrent le même service et sont donc des concurrents directs

---

1. How much do uber drivers make. <http://www.idrivewithuber.com/how-much-do-uber-drivers-make>

2. Africanisme qui signifie chauffeur de taxi

aux taxis traditionnels.

Dans la présente recherche, nous analyserons l'industrie du taxi. Un calcul des allocations d'équilibre par zones qui sont desservies à Manhattan sera fait en premier et ensuite nous déterminerons selon les allocations s'il est possible d'évaluer l'impact d'un projet d'intégration. Cette question sur la distribution des taxieurs dans la zone de Manhattan est intéressante car elle permet d'illustrer le choix de positionnement des taxieurs. Il est intéressant d'observer comment les agents offreurs décide de se placer en prenant comme motivation le profit espéré de commencer une course de taxi dans une zone plutôt que dans une autre.

Cette industrie est fortement réglementée et est administrée par une autorité centrale. À New York par exemple l'institution qui gère les taxis est le Taxi and Limousine Commission (TLC). Pour être en mesure d'opérer un taxi traditionnel (taxi jaune), il faut avoir en sa possession un médaillon. Le médaillon peut être acquis par l'entremise d'un courtier autorisé par la Commission des taxis et des limousines de New York<sup>3</sup>. Les détenteurs de médaillon peuvent quant à eux mettre leur permis aux enchères et il est également possible de partager un médaillon entre deux ou trois conducteurs pour offrir un service continu de 24 heures. Du côté des nouvelles firmes telles qu'Uber, il n'y a pas de règles précises. Il suffit d'une connexion internet, de s'inscrire sur le site internet et l'individu devient un conducteur travaillant pour cette compagnie. Les gestionnaires des compagnies de taxi classiques font face à des coûts fixes qui sont assez importants tels que l'entretien pour la flotte de véhicules, des coûts pour les régimes d'assurance privée pour ses membres, pour l'entreposage des taxis lorsqu'ils ne sont pas utilisés, etc. Les nouvelles firmes quant à elles, ne payent pas les coûts fixes d'utilisation du réseau (Skok et Baird, 2005) pour offrir le service, car ils sont déjà en place c'est-à-dire que l'équipement est physiquement présent pour être utilisé par les usagers des services mobiles. Par coûts fixes, on peut citer par exemple l'installation des tours émettrices de signal (les tours appartenant aux com-

---

3. Gouvernement de New York. <http://www.nyc.gov>, Medaillon Faq

pagnies de réseau mobile pour l'utilisation du cellulaire), de dispositifs pour recevoir les signaux, etc. Elles ne payent pas l'entretien des véhicules, il n'y a pas de régime de protection pour les chauffeurs et elles n'ont pas à s'occuper de l'entreposage des véhicules non utilisés, car en général ce sont les véhicules privés des chauffeurs donc ces coûts sont assumés par le chauffeur.

Les industries du taxi à travers le monde manifestent de plus en plus pour demander aux législateurs d'agir dans le but de les protéger contre cette concurrence qui à première vue semble illégale et donc de mieux légiférer sur l'offre de transport en voiture. De plus, les procès contre les nouvelles firmes digitales sont de plus en plus nombreux.

Quels sont les outils disponibles pour les taxis traditionnels afin d'offrir un meilleur service aux usagers et rester compétitifs face à l'émergence des nouvelles firmes? De manière générale, on peut avoir accès à un taxi soit en se plaçant à certains endroits stratégiques ou dans la rue en espérant qu'un taxi passe et qu'il voit le bras du client dans les airs. En fait, on ne peut pas appeler un taxi à New York à l'aide d'un numéro de téléphone. Un client qui compose le numéro dièse pour taxi sur son téléphone intelligent aura comme un service un taxi noir géré par une compagnie privée.<sup>4</sup> Pour améliorer cela, les gestionnaires des compagnies de taxi jaunes ont proposé différentes solutions. Dans cette étude, nous évaluerons s'il est possible de tester celle proposée par la ville de New York en 2013 suite à l'analyse empirique des allocations d'équilibre de taxis. La ville propose un projet pilote qui intègre une innovation technologique<sup>5</sup> dans le but d'augmenter les contacts entre les offreurs et les demandeurs. Ce projet consiste à permettre aux usagers des taxis à New York d'appeler un taxi jaune par l'entremise d'une application mobile déjà établie. Ce projet a pour nom : E-Hail. Un client qui utilise l'application d'Uber par exemple peut choisir comme option celui d'être servi par un taxi jaune par l'entremise de l'application Uber. L'objec-

---

4. <http://www.poundtaxi.com/taxi-tips/taxis-in-your-city/getting-a-taxi-in-new-york-city>

5. New York TLC, "Resolution extending pilot program to evaluate electronic hail application", Document officiel



tif est d'offrir la possibilité aux usagers de demander un taxi jaune à l'aide de cette nouvelle méthode et d'améliorer le temps d'attente d'un client. Il est également possible de payer la course de taxi directement par l'entremise de son téléphone intelligent. Ce projet est bien sur un outil proposé par le TLC dans le but de contrer la perte d'utilisateurs de taxis jaunes vers les nouvelles firmes.

L'intention et l'objectif de ce mémoire est d'analyser empiriquement les allocations d'équilibre entre les voyageurs et les taxieurs par zones. C'est-à-dire de quelle façon les taxieurs décident de se positionner pour trouver un client. Si possible et si les résultats le permettent, un second objectif est de déterminer s'il est possible d'évaluer l'effet d'un changement technologique. Dans un contexte où deux types d'agents choisissent leurs positions pour créer un appariement (car autrement, la production d'une course n'a pas lieu), il est important d'avoir un modèle qui capte les préférences des agents quant à leur choix de placement géographique. Les courses de taxis de l'île de Manhattan seront utilisées comme données. La raison de ce choix est qu'une majorité des observations de notre base de données se situe à Manhattan. Le développement de l'application est le résultat de l'intérêt des taxieurs et du régulateur (TLC) à offrir un meilleur service aux usagers. Il y a également une volonté d'afficher un virage technologique de la part des firmes traditionnelles, qu'elles peuvent offrir le même service que les nouvelles firmes.

Puisque l'industrie du taxi est fortement dépendante de sa rencontre avec la clientèle pour générer un profit, un modèle de fonction d'appariement sera utilisé pour calculer le nombre de rencontres dans chaque zone. Le modèle qui sera utilisé est un modèle existant proposé par Lagos (2000). Ce dernier utilise son modèle alternatif<sup>6</sup> d'appariement pour

---

6. Le terme alternatif est suggéré par Lagos 2000 car son modèle est différent des modèles d'appariement plus classiques qui sont grandement utilisés dans le marché du travail. Lagos suppose que la distribution des agents dans les zones n'est pas exogène mais plutôt influencé par le micro-comportement des agents. Un taxieur par exemple, va choisir de se placer dans une zone selon le profit espéré suite à un appariement dans cette zone.

étudier des politiques de changement de prix sur l'industrie du taxi à New York (Lagos 2003). Les données utilisées dans cette présente étude seront plus récentes. Ce modèle est intéressant, car il permet d'évaluer un niveau de friction dans un marché, la friction étant une inefficacité de marché. Cette inefficacité est souvent liée à la caractéristique de recherche dans le marché et à l'environnement occupé par les agents. Dans notre cas, il s'agit des taxieurs qui cherchent des clients et vice versa. Il y a donc un manque dans le niveau d'information disponible pour les deux agents du marché étudié. Le projet pilote a comme objectif d'améliorer la coordination entre les taxieurs et les clients.

En premier lieu, une revue de la littérature sera présentée dans le but de comprendre la fonction d'appariement ainsi que son utilisation dans la littérature scientifique. Suite à cela, le modèle économique utilisé sera expliqué en détail. L'origine des données utilisées pour la présente étude et la méthodologie pour le traitement de ces données sera également expliquée.

Le modèle utilisé nous permettra d'avoir une image précise de la distribution des taxis sur le terrain étudié. En effet le modèle sert à déterminer quelles zones sont préférées à d'autres. Nous pourrons donc à l'aide du modèle et des données récentes déterminer les décisions de placement des taxieurs. La contribution de ce mémoire permet d'illustrer et de calculer à l'aide du modèle choisit de quelle manière les taxieurs décident de se placer dans les zones étudiées en se basant sur le profit espéré de réaliser une course dans chacune de ces zones.

Les résultats de cette étude indiquent à priori que le modèle de Lagos dépend fortement du nombre de zones créées dans l'aire géographique étudiée. Plus le nombre de zones est grand plus il est possible d'avoir une image juste de la situation du marché du taxi car plus de zones signifie une superficie plus petite par zone. Il est donc possible de définir quelles rues, quels quartiers, quel secteur est préféré par les taxieurs. À l'inverse s'il y a que deux zones, on peut uniquement définir si les taxieurs préfèrent la zone 1 ou la zone 2 sont pouvoir capter les caractéristiques physiques des différents

secteurs (s'agit'il d'un lieu touristique, d'affaire, une rue achalandée pour ses boutiques?). De plus, nos résultats semble également indiquer que nous sommes en situation d'offre excédentaire dans la totalité des zones créées.

## Chapitre 2

# Revue de la littérature

### 2.1 Mise en contexte

Avec l'arrivée des nouveaux concurrents qui maîtrisent bien les technologies digitales, les firmes de taxi traditionnelles sont face à une concurrence de taille qui risque de secouer les fondations de leur industrie. Un exemple est la baisse du prix moyen du médaillon suite à l'arrivée des nouveaux concurrents. Avant, un médaillon pouvait se vendre à 1.32 millions de dollars et maintenant le prix de vente se situe autour de 650 000\$<sup>1</sup>. Cette baisse affecte les gestionnaires des compagnies de taxi jaunes. Leurs profits (des gestionnaires de compagnies de taxi et des taxieurs individuels) sont basés sur la location des médaillons par des chauffeurs. Une chute du prix du médaillon les oblige à réduire le prix de location et donc de diminuer leurs profits.<sup>2</sup>

L'intégration numérique est adoptée dans le but d'améliorer la ca-

---

1. Stenovec, Tim. 2016. "More proof that Uber is killing the taxi industry." <http://www.techinsider.io/more-proof-that-uber-is-killing-the-taxi-industry-2016-1>

2. Mullin, Joe. 2015. Cab Medallion owners sue NYC, blame Uber for ruining business

pacité et la coordination entre les taxis et les clients. Le taxieur doit dépenser des ressources pour chercher un client en sillonnant les rues de New York. Plus le temps de recherche de clients augmente, moins sa journée est profitable. Le client dépense également des ressources, car il doit bien se localiser et le temps perdu à chercher un taxi vacant peut être dépensé ailleurs. Par exemple, un client qui passe beaucoup de temps à chercher un taxi peut arriver en retard à son emploi, un lieu de loisir, etc. Il a donc perdu du temps qu'il aurait dépensé efficacement ailleurs. L'utilisation du digital permet de trouver le client ou le taxi le plus proche et de réaliser une rencontre plus rapidement. De plus, on évite les situations inefficaces telles qu'un client sur une rue et un taxi vacant dans une rue adjacente où ils se cherchent simultanément (Scott 2005).

La fonction d'appariement permet d'évaluer les effets des politiques sociales ou des innovations technologiques sur le nombre de rencontres entre des agents qui interagissent dans le même marché. Cette fonction a été développée majoritairement dans le marché du travail, mais il existe également des études sur l'appariement dans le marché du mariage, les échanges monétaires, les problèmes de coordinations, etc. Toutefois, l'attention sera portée principalement sur le modèle proposé par Lagos (2000) car les données de cette étude s'y applique bien .

## 2.2 Fonction d'appariement

La fonction d'appariement peut être vue comme une fonction de production. Dans le marché du travail, le produit final est l'embauche d'un chômeur qui pourvoit un poste vacant. Dans l'industrie du mariage, la réalisation suite à la production est l'union de deux individus. Dans notre cas, la fonction d'appariement permet d'évaluer la production en termes de courses réalisées suite à la rencontre entre un taxi vacant et un client.

L'industrie du taxi est un marché qui, à première vue, semble un

terrain d'étude idéal pour évaluer une fonction d'appariement. L'essence même de cette industrie est la rencontre entre deux agents. Un taxi qui ne rencontre pas de client ne peut pas maximiser son profit. Il doit payer des coûts d'entretiens, de déplacements et sa source de revenus dépend de sa rencontre avec un client. Il y a plusieurs agents de chaque côté et chacun agit tel un compétiteur envers l'autre<sup>3</sup>. Chaque conducteur de taxi peut être vu comme une firme atomique qui veut maximiser son profit. Les offreurs sont soumis à une contrainte de technologie. Leur production dépend de la technologie disponible leur permettant d'être en contact avec un client par exemple ; un système de gestion de trafic à l'aide d'une centrale opérée par des répartiteurs.

Les arguments de la fonction d'appariement sont le nombre d'agents qui composent le marché. Une variable peut représenter le nombre de clients disponibles qui veulent se déplacer et une autre le nombre de taxis vacants qui cherchent des clients. La variable dépendante représenterait le nombre de rencontres réalisées entre clients et chauffeurs de taxi. Le modèle de production qui sera utilisé dans cette étude est une fonction de production Leontief. Cette forme suppose que les deux intrants de la fonction, soit le nombre de taxis et le nombre de clients, sont des compléments. Ce modèle sera expliqué en détail dans le chapitre 3.

Comment peut-on modéliser la relation entre les deux types d'agents qui doivent échanger ? Lagos (2003) a été en mesure de calculer une relation entre un paramètre de législation et de nombre de rencontres pour ensuite créer une frontière "sans friction". C'est une courbe qui met en relation une variable qui capte la tension du marché (le nombre de taxis divisé par le nombre de clients) et le paramètre de législation<sup>4</sup>. Lorsque le rapport taxi-

---

3. Dans notre modèle au chapitre suivant, il ne peut y avoir qu'un client par taxi. C'est ce qui est affirmé ici lorsqu'on parle de compétition des deux côtés du marché. Même si l'on décidait qu'il peut y avoir plus d'un passager par taxi, cela ne changerait pas le fait que la production finale serait une seule course. Mais nous préférons voir la production de course comme une rencontre entre 1 agent de chaque type, soit un offreur et un demandeur.

4. Ce paramètre sera détaillé au chapitre suivant

client se situe au-dessus de cette frontière, nous sommes dans une situation où l'offre de taxi est supérieure à la demande de taxi. Le long de la courbe, l'offre est égale à la demande et sous la courbe il y a inefficacité, car la demande est excédentaire (figure 2.1)

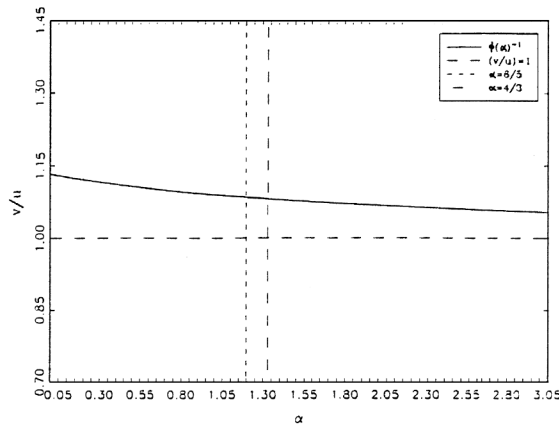


FIGURE 2.1 –  
Frontière sans friction :  $\theta$  (rapport : Taxis-Clients) et le niveau de politique  $\alpha$  (variable captant les prix) à partir du modèle du marché du taxi; Lagos 2003. Ce qui nous intéresse dans ce graphique est la ligne pleine qui définit le seuil de friction du marché. Les paramètres situés en haut à droite concernent la politique de tarification étudiée par Lagos 2003 que nous n'utiliserons pas dans cette étude.

Une estimation du nombre de rencontres a été évaluée suite à l'augmentation des frais d'utilisation de base (c'est-à-dire le montant initial avant que le véhicule débute sa course) par l'administrateur public (Lagos 2003). Le résultat ici est que le niveau de rencontre ne semble pas être affecté par l'augmentation du montant de base. En effet, la variation du nombre de taxi et de client suite à l'augmentation du prix de base est très minime. Du côté des consommateurs, cela est expliqué par la nature inélastique de la demande de taxi dans la région étudiée. Lagos explique que les consommateurs de course de taxi ne changent pas leurs habitudes suite à une augmentation

du prix.<sup>5</sup> Du côté des producteurs, il y a une capacité maximale de permis en circulation qui est autorisée. Il est donc difficile d’augmenter le nombre de taxis en service pour profiter de l’augmentation du prix de base. Les données de Lagos lui permettent de conclure que l’industrie du taxi en 1988 se trouve au-dessus de cette frontière “sans frictions” avant et après l’augmentation du prix de base et donc, qu’il n’y a pas plus de rencontres entre les deux types d’agents. De plus, cette situation implique que nous sommes toujours en offre excédentaire de taxis.

Cela nous porte à croire que suite à une augmentation du prix de base, en gardant le nombre de permis en circulation fixe, le moyen d’augmenter son profit serait d’augmenter le nombre d’heures de service offert dans une journée entière, soit 24 heures. Lagos (2003) explique qu’environ 57% des permis en circulation sont détenus par des compagnies qui louent ces permis à des chauffeurs. Le TLC exige que les permis détenus par des compagnies soient en service en moyenne de 18 à 24 heures par jour ce qui ne laisse pas beaucoup de marge pour augmenter les heures de service.

De plus, environ le tiers des permis détenus par des particuliers sont en service double (c’est-à-dire que deux chauffeurs se relaient pour offrir un service constant). Fréchette et Lizzeri (2015) observent qu’il y a environ 70 compagnies qui gèrent des taxis pour la ville de New York et ils ajoutent également qu’il est courant pour des conducteurs de taxi de se partager la journée de travail pour en tirer le maximum de profit. Il est donc difficile d’augmenter les heures de service offert pour profiter de cette augmentation de prix si au départ les taxis sont présents pour une grande partie de la journée. Ce qui nous porte à croire qu’une augmentation de profit passerait plutôt par une augmentation du nombre de rencontres durant ces heures de service (cela est possible uniquement à l’aide d’une innovation technologique qui permet d’augmenter le nombre de rencontres entre les offreurs et les demandeurs) ou bien d’augmenter le nombre de médaillons disponibles c’est-à-dire augmenter l’offre.

---

5. Il est à noter que cette étude a été réalisée à une époque sans la technologie mobile. Donc il n’y avait pas d’alternative pour les usagers.



Fréchette et Lizzerie (2015) vont tester l'effet d'une augmentation du nombre de permis sur le nombre de rencontres. Toute chose étant égale par ailleurs, ils observent qu'un accroissement de 10% du nombre de permis octroyés amène à une augmentation de l'offre et de la demande de taxi. Que le temps d'attente moyen pour trouver un client diminue d'environ 8.3%. Ce qui résulte dans augmentation du profit espéré du taxieur, soit une augmentation du nombre de rencontres.

Ces mêmes auteurs vont également tester l'arrivée d'une innovation technologique permettant un accroissement dans le nombre de rencontres. Ils supposent une avancée qui améliore l'efficacité des répartiteurs radios et arrivent à la conclusion que le temps passé à chercher des clients par le taxi est réduit d'environ 9.3% donc que le nombre de rencontres augmente. Cela a bien sûr un effet positif sur le salaire des taxieurs qui voit donc leur marge de profit augmenter.

Il est donc juste de croire qu'une innovation technologique telle qu'une application mobile qui est censée améliorer la coordination entre un client et un conducteur de taxi devrait avoir un effet positif sur le nombre de rencontres si nous sommes dans une situation où dans certaines zones l'offre de taxi est inférieure à la demande de taxi. Cette technologie permettrait à un taxieur dans une zone qui est caractérisée par une offre excédentaire de se déplacer dans une zone où la demande est excédentaire et donc d'améliorer le nombre de rencontres.

## **2.3 Inefficacité**

On parle d'inefficacité du marché lorsque dans la production les intrants potentiels sont disponibles (taxi vacant et client disponible), mais ne sont pas mis en contact. Cela peut être causé soit par le comportement des agents, des facteurs externes comme le temps ou une mauvaise gestion des autorités responsables.

Buchholz (2015) affirme que les règles mises en place par les autorités affectent l'espace où les échanges ont lieu et donc peut être source d'inefficacité. En utilisant les données de taxi à New York de 2012, il observe que la structure qui est en place génère des pertes d'environ 422 millions de dollars par année pour la ville comparée à une structure qui n'est pas réglementée. Il suggère des politiques qui amélioreraient ce rendement tel qu'une tarification basée uniquement sur la distance. Cette conclusion est différente de Lagos (2003) qui estime une augmentation de tarif et en conclut que le nombre de rencontres n'est pas amélioré. Une différence qui peut être expliquée par les différences des modèles de fonction d'appariement utilisée. Lagos utilise un modèle où une zone géographique est divisée en plusieurs zones et les taxieurs décident de se placer selon le profit espéré d'une zone de plus, les choix des consommateurs sont définis par le nombre de voyages et non pas par le temps d'attente dans une zone. Buchholz quant à lui suppose que le nombre de clients qui arrivent dans une zone où il y a des taxis est défini par une loi Poisson et cette loi définit le rythme de rencontre entre clients et taxis. Les résultats des auteurs sont donc différents puisque pour Lagos, il y a plus de taxieurs que de clients dans chaque zone ce pourquoi la réglementation sur les tarifs n'a pas d'effet sur le nombre de rencontres.

Buchholz (2015) ajoute que le développement d'une application semblable à celle d'Uber ou de Lyft générerait des gains considérables en éliminant presque l'inefficacité (combiné au changement de la structure tarifaire).

Le comportement des chauffeurs de taxi peut-être source d'inefficacité. On peut citer en exemple les différents emplacements occupés par les différents agents dans l'espace et les caractéristiques propres à ces espaces. Par exemple à New York, certains espaces comme Time Square et l'Empire State Building risquent de générer plus de contact par rapport à des lieux plus résidentiels, moins touristiques. De plus, si on suppose que les taxieurs ont des préférences sur les endroits où ils se placent, il y aura une demande excédentaire dans les localisations qui affichent un profit espéré moindre d'où la présence d'inefficacité. Ce qui voudrait dire que nous sommes en présence

d'un marché des services avec une offre excédentaire au même moment où il y a des agents disponibles à consommer ce service dans une partie de l'espace étudié. Cette caractéristique est observée dans l'industrie du taxi new-yorkais et spécialement dans la région de Manhattan où l'inefficacité de production est observable (Lagos 2003).

Lagos (2000) propose deux caractéristiques distinctes de l'environnement qui sont captées par son modèle. Soit différents lieux qui génèrent le même profit espéré, soit des lieux hétérogènes qui se distinguent par leur profit espéré. La seconde caractéristique sera choisie dans ce mémoire. Il est juste de penser que les chauffeurs de taxi ont des préférences quant à l'endroit où ils décident de se placer pour rencontrer des clients. Il ajoute que l'inefficacité (qu'il nomme friction) est la résultante de la structure d'information propre au marché qui empêche des vendeurs potentiels d'être en contact avec des acheteurs potentiels ce qui amène à une situation où les taxis sont mal situés et qu'il existe des zones avec une demande excédentaire de taxi. Le manque d'informations est évidemment une caractéristique importante dans l'environnement étudié. On peut penser dans notre cas à un taxieur disponible qui est à proximité d'un client nécessitant un service, mais les deux agents ne se rencontrent pas. Puisque les deux agents sont dépendants face aux contraintes physiques c'est-à-dire que la seule information disponible est celle qu'ils obtiennent suite à l'observation de l'environnement, il arrive qu'un offreur et un demandeur qui sont à proximité ne produisent pas un échange. Par exemple, si une zone affiche une demande excédentaire et la zone adjacente une offre excédentaire, mais aucune rencontre n'a lieu. L'inefficacité résulte donc d'une incapacité à établir un contact avec un partenaire d'échange potentiel à cause de la structure d'information du marché (Pissarides 2001).

L'inefficacité n'est pas uniquement causée par le choix de positionnement des taxieurs dans la ville, mais est aussi présente selon le moment de la journée. Frechette et Lizzeri (2015) calculent un ratio entre le temps de recherche de client et le temps de conduite avec un client à bord pendant une

journée moyenne de la semaine. Leur première observation est que le temps passé par les taxieurs à chercher un client ne baisse presque jamais sous la barre des 30% et varie de façon substantielle pouvant parfois atteindre 65%. Selon leur donnée, vers 17h00, le temps de recherche des taxis (c'est-à-dire la recherche de client) est à son plus bas. La raison étant que c'est souvent à ce moment de la journée que les taxieurs profitent de la baisse de l'offre de taxi. En effet, c'est souvent en fin d'après-midi que les échanges de conducteurs pour le même médaillon se font. Il y a donc moins de taxis en circulation et ceux qui restent sur les routes en profitent en passant moins de temps à chercher un client disponible. Cela illustre la dépendance du profit du taxieur vis-à-vis le temps passé à chercher un client. Les auteurs ajoutent que le temps d'attente pour trouver un client explique jusqu'à 60% de la variation du salaire du chauffeur de taxi. La seconde observation des auteurs est que le temps d'attente des taxieurs et des clients est plus long durant la nuit. Ce qui illustre que les deux côtés du marché profitent plus quand la ville est plus dense ce qui facilite le processus d'appariement.

## **2.4 Facteurs qui affectent le nombre de rencontres**

Quels sont les prérequis pour être apte à estimer une fonction d'appariement ? Il ne peut y avoir une estimation du nombre de rencontres entre des agents si les agents n'ont pas la possibilité d'être mobiles (Pissarides 2001). La mobilité est en premier lieu un déplacement physique dans un espace précis. Les agents doivent avoir la capacité de se déplacer sans entrave d'un endroit à l'autre. Un taxi doit pouvoir se déplacer d'un secteur de la ville à un autre. Il en est de même pour un consommateur qui veut un service de taxi. Le client doit être mobile et pouvoir se placer à l'endroit de son choix, un endroit qu'il juge optimal pour recevoir le service. La mobilité n'est pas uniquement un déplacement physique. Elle inclut également les forces d'attraction et de répulsion entre les différents agents. Dans l'industrie du taxi, pour être apte à mesurer un nombre de rencontres il est nécessaire d'avoir

une volonté des deux côtés du marché de rencontrer l'autre type d'agent. Un taxieur a la volonté de rencontrer un client, car celui-ci lui permet de générer du profit. Le client quant à lui souhaite rencontrer un taxieur, car il veut se déplacer dans un autre lieu dans l'espace. Il existe donc une force d'attraction entre les deux agents qui leur permet d'établir un contact dans le but de produire une course de taxi.

Quelles sont les forces qui affectent le taux de rencontre lorsqu'on estime une fonction d'appariement ? On remarque deux courants dans la littérature économique à ce sujet. En effet, l'amélioration du taux de rencontre entre les agents peut être influencée par des actions gouvernementales à l'aide de politiques publiques ou bien à l'aide d'innovation technologique.

L'innovation technologique peut être une force sur le nombre de rencontres entre deux agents. Un changement technique qui affecte le caractère de l'offre ou de la demande va entraîner un changement du nombre de rencontres. Dans le marché du travail par exemple, une innovation telle qu'une plate-forme web peut faciliter la rencontre entre employés et employeurs. Dans le marché du mariage, un site de rencontre permet de générer plus de contacts entre des individus qui veulent se marier. Toute technologie qui facilite la prise d'information et qui permet de localiser l'autre agent de manière plus efficace va, en théorie, générer une augmentation du nombre de rencontres si on se trouve dans une situation où il y a une zone avec une demande excédentaire.

# Chapitre 3

## Modèle

### 3.1 Dynamique du modèle

Tel que mentionné plus haut, le modèle utilisé sera celui de Lagos (2000). Il s'agit d'une fonction de production de type Leontief afin de déterminer le nombre de rencontres dans notre marché étudié.

Soit une ville constituée de  $n \geq 2$  lieux. Parmi ces lieux, la population est libre de se placer comme elle veut. Il en est de même pour les taxieurs qui peuvent choisir le point initial où se placer. Le temps est infini et discret. Il est normal de supposer  $n \geq 2$  car il faut un minimum de deux zones pour capter la volonté de se déplacer des usagers.

Il existe un continuum d'individus que nous allons normaliser à 1 et un continuum de taxi que nous identifierons  $v$ . Le nombre d'individus et de taxis qui se situent à l'endroit  $i$  seront dénotés respectivement  $l_i$  et  $v_i$ .

Nous supposerons également que la volonté des individus à se déplacer suit un processus exogène qui sera donné par une chaîne de Mar-

kov.<sup>1</sup> Donc chaque individu aura le souhait de rester dans le même lieu avec probabilité  $1 - u \in (0, 1)$  et ce à chaque période. Ce qui veut dire dans la totalité de l'espace étudié, il y aura  $u$  voyageurs. La volonté de se déplacer d'une zone à l'autre sera illustrée à l'aide d'une matrice de Markov  $\mathbf{A}$  et par mesure de simplicité on suppose une distribution unique qui ne varie pas et qui est dénotée par la variable  $\mu$ .

Soit  $ua_{ij}$ , la probabilité qu'un voyageur souhaite se déplacer de la zone  $i$  à  $j$  avec  $\sum_{j \neq i}^n a_{ij} = 1$  et  $a_{ij} \in (0, 1)$ . Il y a donc  $u_i = ul_i$  voyageurs qui se trouvent à la zone  $i$  dont  $a_{ij}$  souhaitent aller à la zone  $j$ , c'est-à-dire que  $a_{ij}$  est la fraction des voyageurs voulant se déplacer de  $i$  à  $j$ .

Les individus ne peuvent pas se déplacer autrement d'une zone à l'autre que par l'entremise d'un taxi. Dans ce modèle, nous enlevons la possibilité de marcher ou utiliser tout autre véhicule. Il est impossible pour les clients et les taxieurs d'être appariés avec un agent se trouvant dans une zone autre que la leur. Les chauffeurs de taxi peuvent seulement prendre un passager à la fois. Lorsque les taxis sont libres, deux choix se posent à eux ; rester dans la zone initiale ou aller se placer dans une autre zone pour trouver un client.

On assume également qu'il n'y a pas de friction dans les zones. Donc s'il y a  $u_i$  voyageurs et  $v_i$  taxis, la fonction d'appariement qui illustre le niveau de production (rencontres) est ;

$$r_i = \min[u_i, v_i]$$

où  $u_i$  et  $v_i$  sont le nombre de clients et de taxis à la zone  $i$  respectivement et  $r_i$  est le nombre de rencontres ayant lieu à  $i$ . À l'intérieur de chaque zone, un voyageur ne trouvera pas de taxi seulement s'il n'y a pas suffisamment de taxis dans cette zone et vice-versa. S'il y a plus de voyageurs que de taxis dans la zone  $i$ , l'excédant de voyageurs sera rationné et devra rester à  $i$  et

---

1. Les transitions d'un état à l'autre dans notre espace étudié sont sans mémoire. La probabilité qu'un agent veuille se déplacer d'une zone à une autre n'est pas affectée par les changements d'état précédents.

attendre la prochaine période pour générer une nouvelle envie d'aller dans une destination  $j$  et essayer encore de trouver un taxi.

Soit  $\theta_i = v_i/u_i$  la tension du marché, cette variable capte le rapport taxis-clients. Cette variable est importante puisqu'elle nous permet de capter le rapport entre le nombre de taxis et de voyageurs. C'est cette variable qui va au final définir si nous nous retrouvons dans une situation d'offre excédentaire ou de demande excédentaire. Si les  $r_i$  rencontres sont aléatoires, un taxi dans la zone  $i$  trouvera un voyageur avec probabilité  $p_i = \min[1/\theta_i, 1]$  alors qu'un voyageur se trouvant à  $i$  rencontrera un taxi avec probabilité  $p_i\theta_i$ .<sup>2</sup>

Quand un taxi n'arrive pas à trouver de client dans la zone où il s'est placé, il peut essayer de trouver un autre client à la période suivante. De ce fait, la valeur d'être un taxi vacant à  $i$  à la fin de la période est la valeur escomptée de se trouver à la meilleure zone lors de la prochaine période. Cette valeur est ;

$$U_i = \beta \max[V_i, V_{i+1}, \dots, V_{i+n-1}] \forall i = 1, \dots, n \quad (3.1)$$

où  $\beta \in (0, 1)$  est le facteur d'escompte qui capte le poids donnée à cette valeur future et  $V_i$  la valeur d'être à  $i$  avant que la rencontre n'aie lieu.

Lorsqu'un taxi rencontre un client et qu'il complète une course, il réalise un revenu :

$$\pi_{ij} = f + \gamma \delta_{ij} \quad (3.2)$$

où  $\delta_{ij}$  est la distance en kilomètres entre la zone  $i$  et la zone  $j$ ,  $\gamma > 0$  est le coût par kilomètre de course et  $f > 0$  est le montant de base initial lorsqu'on monte à bord d'un taxi et  $\delta_{ij} = \delta_{ji}$ . À chaque période, la valeur d'offrir une course de  $i$  à  $j$  est donnée par le profit que le taxieur fait de  $i$  à  $j$  plus la valeur de se trouver à  $j$  au début de la période suivante

$$V_{ij} = \pi_{ij} + \beta V_j \quad (3.3)$$

---

2. Voir annexe



Donc la valeur pour un taxieur de se trouver à  $i$  avant que la rencontre n'ait lieu est :

$$V_i = p_i \sum_{j \neq i}^n a_{ij} \max[\pi_{ij} + \beta V_j, U_i] + (1-p_i)U_i$$

$$\forall i, j = 1, \dots, n \quad (3.4)$$

### 3.2 Conditions d'équilibre

L'allocation d'équilibre doit être une distribution du nombre de voyageurs et de taxi qui ne varie pas dans le temps dans toutes les zones du modèle. Il doit également y avoir absence d'arbitrage de la part des chauffeurs de taxi pour empêcher ces derniers de se resituer dans des zones plus profitables. Un équilibre est donc une allocation telle que :

$$\sum_i^n u_i = u \quad \sum_i^n v_i = v \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (3.5)$$

$$V_i = V_n \quad \forall i \quad (3.6)$$

$$\sum_{j \neq i}^n a_{ij} r_i = \sum_{j \neq i}^n a_{ji} r_j \quad i = 1, \dots, n-1 \quad (3.7)$$

la condition (3.5) implique que la distribution des individus est conforme avec la valeur agrégée du nombre de clients et de taxi. La condition (3.6) implique qu'il n'y a pas d'arbitrage entre les zones. De plus, l'équation (3.6) implique que l'échec d'appariement entre un taxi et un client arrive seulement en raison du choix de positionnement du taxi. Ce n'est donc pas parce que personne ne sait où l'autre se situe, mais plutôt le fait qu'un taxi décide de mal se placer. La condition (3.7) est nécessaire pour la stationnarité de la distribution des différents agents.<sup>3</sup>

---

3. Voir Annexe section 8.1 pour plus de détails pour ces conditions

### 3.3 Différence entre les zones

Pourquoi un taxi se placerait-il mal lorsqu'il choisit une zone ? Lagos (2000) développe deux types de situations qui influencent le choix des taxis : une situation où le profit espéré entre les zones est le même et une situation où certaines zones affichent un profit plus grand.<sup>4</sup>

Dans cette étude, la seconde situation sera utilisée, car il est plus juste de penser que certaines zones semblent plus profitables par exemple, en raison de leurs densités.

Si :

$$\Pi = \text{Max}[\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n] - \text{Min}[\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n] \quad (3.8)$$

et que l'on suppose que le souhait des voyageurs de bouger entre les différentes zones fait en sorte que  $\Pi > 0$  c'est-à-dire que le profit espéré de rencontrer un client dans une zone n'est pas le même indépendamment de la zone. Il y a donc une possibilité d'arbitrage de la part du taxieur. De plus, supposons que plus l'indice d'une zone est grand, plus le profit espéré est petit :

$$\pi_1 \geq \dots \geq \pi_{k-1} > \pi_k = \dots = \pi_n \quad (3.9)$$

l'équation (3.9) illustre qu'une zone ou un groupe de zones sont plus profitables que d'autres. Cela implique qu'en équilibre, il y a un excès d'offre dans les zones  $1, \dots, k-1$  peut importe si les  $k, \dots, n$  zones sont en excès d'offre ou non.

---

4. Voir l'annexe pour les détails

Soit :

$$\phi_i = \frac{\pi_i}{\sum_{j=1}^n \mu_j \pi_j} \quad (3.10)$$

$$\Phi = \min[\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n] \quad (3.11)$$

$$\Phi = \phi_n \quad (3.12)$$

l'équation (3.10) représente l'attraction relative d'une zone par rapport au reste. En effet, la caractéristique hétérogène des zones permet de capter un équilibre qui prend en compte l'attraction relative de chaque zone par rapport aux autres<sup>5</sup>. Donc le choix d'un taxieur dépend de ce facteur d'attraction relative et cette attraction relative dépend du profit de la zone  $i$  relativement à la distribution des voyages selon les autres zones. La part des taxis se trouvant dans chaque zone sera donc équivalente à la part stationnaire et non contrainte des voyageurs dans cette zone  $\mu_i$  ajustée par le niveau d'attraction relative  $\phi_i$ . L'équation (3.11) sert à déterminer quelle zone est la pire par rapport au reste selon le profit espéré. L'équation (3.12) suppose que la zone  $n$  est toujours la pire zone en terme de profit espéré. Nous utiliserons donc le niveau d'attraction pour la pire zone du point de vu du taxieur.

Lagos (2000) montre que les allocations d'équilibre dépendent de  $\theta = \frac{v}{u}$ , cette variable capte la tension du marché. Plus le nombre de taxis est élevé par rapport au nombre de clients plus la valeur de  $\theta$  sera élevée et donc il y a suffisamment de taxi pour chaque client. À l'inverse plus le nombre de voyageurs est grand par rapport au nombre de taxis, plus la valeur de  $\theta$  sera basse et moins de voyageurs seront servis. En effet, si  $\theta > 1/\Phi$ , alors il existe un équilibre unique : toutes les zones sont en excès d'offre. Si  $\theta = 1/\Phi$ , les zones  $1, \dots, k - 1$  affichent un excès d'offre alors que l'offre est

---

5. voir annexe pour les détails

égale à la demande dans les zones  $k, \dots, n$ . Finalement, si  $\theta < 1/\Phi$ , il existe un continuum d'équilibre avec un excès d'offre dans les zones  $1, \dots, k-1$  et au moins une des zones restantes est en excès de demande. Lagos ajoute que le nombre de rencontres agrégé est défini par :

$$R(u, v) = \min[u, \Phi v] \quad (3.13)$$

Il faut donc comprendre que les zones  $1, \dots, n-1$  afficheront toujours un excès d'offre de taxis alors que la zone  $n$  sera en excès d'offre si  $\theta > 1/\Phi$ , excès de demande si  $\theta < 1/\Phi$  où en équilibre si  $\theta = 1/\Phi$

Cet équilibre va donc dépendre de  $\mathbf{A}$  : la matrice qui détermine les souhaits de voyage, de  $\delta_{ij}$  la matrice qui représente les distances entre les zones et des paramètres de tarifications  $f, \gamma$  et du nombre de taxis  $v$ .

Lorsque ces paramètres seront estimés, il est possible de réécrire (3.10) de la forme suivante (où  $\frac{f}{\gamma} = \alpha$  le paramètre qui capte les changements de législation) ;

$$\Phi = \frac{\frac{f}{\gamma} + \sum_{j=1}^{n-1} a_{nj} \delta_{nj}}{\frac{f}{\gamma} + \sum_{i=1}^n \mu_i \sum_{j \neq i} a_{ij} \delta_{ij}} \quad (3.14)$$

Le calcul de  $\mu_i$  sera expliqué dans le chapitre 5.

Nous avons donc un modèle qui à chaque période détermine comment les taxieurs se positionnent selon les profits espérés par zones. Ce modèle prend en compte la distance entre les zones et les frais de base d'une course. La particularité est le paramètre  $\Phi$  qui sert à démarquer les différentes zones l'une de l'autre du point de vue du taxieur. Les éléments qui influence  $\Phi$  sont les frais de base et surtout la volonté de se déplacer des clients et la distances entre les zones. Ces deux derniers éléments peuvent être calculés à l'aide des données de course de taxi fourni par le législateur en place. Donc le modèle fonctionnent ainsi : à chaque période, les voyages

représentent la volonté de se déplacer des clients, à chaque voyage il y a une distance à parcourir et cela est observé par le taxieur. Ce dernier décide donc de se positionner dans une zone qui selon lui va lui permettre de générer le plus de courses et par le fait même de maximiser son profit.

# Chapitre 4

## Données

### 4.1 Source et caractéristiques

Les données qui seront utilisées proviennent du Taxi and Limousine Commission de la ville de New York. Depuis 2009, la commission suit une politique de transparence et donne accès à certaines de ses données pour utilisation libre.

Dans le cadre de cette étude, les données de l'année 2013 seront utilisées. L'information pour cette étude est constituée de 166 373 599 observations à l'état brut. Certaines courses enregistrées présentent certaines anomalies. La technologie d'enregistrement de course étant nouvelle, il arrive que certaines informations ne soient pas fiables. Par exemple, une course de taxi dont la durée est moins de 5 minutes, mais qui affiche une très grande distance parcourue. Toutes les observations qui ne font pas de sens ont été supprimées de la base de données.<sup>1</sup>

Chacune de ces courses est enregistrée par les 14144 possesseurs de médaillons. Il y a 43191 permis, donc de conducteurs, différents durant

---

1. Voir annexe section 8.3 pour plus de détails

l'année 2013. Chaque observation est une course de taxi enregistrée durant l'année 2013. À l'aide des terminaux qui se trouvent à l'intérieur des taxis, le chauffeur est en mesure d'enregistrer chaque course. Ce terminal permet également de collecter des informations telles que l'heure et la date de l'embarquement et du débarquement du client, les lieux où le client monte et descend du taxi à l'aide des coordonnées géographiques, la distance du voyage, la durée du voyage, les taux adoptés, le type de paiement et le nombre de passagers. Pour une course standard (c'est une course qui a comme arrivée l'agglomération de New York, mais principalement Manhattan), le taux de base est de 2.50 \$. À cela il faut ajouter 0.50 \$ pour chaque cinquième de mile additionnel. Ce qui fait un prix de 4.00 \$ par kilomètre additionnel. Nos paramètres  $f = 2.50$  et  $\gamma = 4$  sont définis.

Certaines observations ne présentant pas d'anomalies ont également été écartées. Puisque cette étude se concentrera sur la région de Manhattan,<sup>2</sup> les courses qui ont comme lieu de départ ou d'arrivée une zone extérieure à Manhattan seront enlevées de l'étude, soit 6.8% des observations. Donc toute observation qui utilise un taux de base différent de 2.50\$ a été supprimée. Les observations qui affichent un voyage de taxi à l'intérieur d'une même zone, représentent environ 27% de nos observations. Une zone est l'espace géographique décidé arbitrairement par l'auteur pour séparer la région géographique selon diverses caractéristiques. Des caractéristiques telles que : les zones touristiques, zones d'affaires, etc.

TABLE 4.1 – Voyages à l'intérieur d'une même zone

Zone	1	2	3	4	5	6	7	8
Vii	510328	2546348	10370858	2148569	6934801	14483440	1748190	1206649
Vi	2231632	10446543	32214566	17408090	2869501	39337800	11129145	6383964
Ratio $V_{ii}/$ Voyages total à $i$	0.229	0.244	0.322	0.123	0.242	0.368	0.157	0.189
Total des voyages intrazone Vii	0.2702							

Selon le tableau 4.1, on peut affirmer que ces voyages constituent une part importante des voyages commençant à  $i$ . En regardant la troisième ligne de ce tableau, on peut voir que le ratio  $V_{ii}/V_i$  qui illustre la part des

2. voir l'explication au chapitre suivant

voyages commençant à  $i$  et se terminant à  $i$  sur le total des voyages commençant à  $i$  se situe entre 12% et 37%. Il y a un risque de fausser les données si on décide de retirer complètement les voyages à l'intérieur d'une même zone. La raison est qu'en les supprimant, le désir des voyageurs de se déplacer vers une zone éloignée (long voyage) sera faussement augmenté. Cela va rendre les voyages courts (dans la même zone) plus attirants du point de vue du taxieur qui veut plutôt maximiser le nombre de rencontres qu'il fait. Il y aura donc un choix de placement de la part des taxieurs qui serait biaisé.

Pour cette raison, les voyages à l'intérieur d'une zone seront incorporés selon une formule proposée par Lagos (2000). Soit les voyages à l'intérieur de la zone 1 : une fraction de ces voyages sera assignée à la zone 2 et le reste à la zone 3. Les nouveaux voyages assignés à la zone 2 seront calculés ainsi :  $t_{12}^{\hat{}} = \frac{t_{12}}{t_{12}+t_{13}}t_{11}$  où  $t_{12}$  et  $t_{13}$  sont le nombre de voyages disponibles dans le tableau 4.2. Chaque voyage à l'intérieur d'une zone sera donc distribué ainsi aux deux zones qui sont à proximité.

TABLE 4.2 – Nombre de voyages entre les zones

		Zone d'arrivée							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Zone de départ	1	510328	665943	520977	149688	170297	150919	37891	25589
	2	911792	2546348	3740247	1047333	1069714	812311	181940	136858
	3	848950	4314243	10370858	4786332	5961946	4161315	943140	827782
	4	258878	1200838	4727092	2148569	4239852	3453987	759169	619705
	5	310320	1244663	5604106	4322172	6931801	7474542	1537996	1243901
	6	348107	1184745	4357261	3514556	8532573	14483440	4446136	2470982
	7	91503	272100	936877	740663	1652233	4160442	1748190	1527137
	8	36503	127133	557684	482666	1054399	1731407	1187523	1206649

## 4.2 Statistiques descriptives

Il est intéressant de décrire la situation de l'industrie du taxi à Manhattan en 2013. Selon le tableau 4.3, le nombre moyen de passagers est de 1.54, une course moyenne dure environ 11.48 minutes et la vitesse

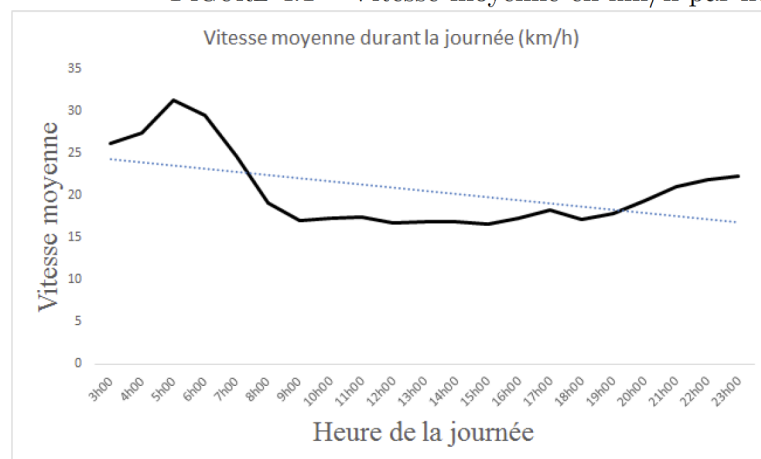


moyenne est environ 20 km/h. La distance moyenne parcourue par les taxis est de 3.72 km. De plus, une course moyenne coûte environ 12.77\$ et les clients laissent en moyenne un pourboire de 1.18\$. Il arrive que la distance moyenne parcourue et la vitesse moyenne soit très petite. Ceci s'explique par des situations où le taxi est en pleine heure de pointe. Un client peut décider d'annuler la course, alors la distance est minime. Ce dernier doit toutefois payer le frais de base. Il peut arriver également qu'un client donne un pourboire substantiel au taxieur d'où certaine valeur de pourboire très élevées.

TABLE 4.3 – Industrie du taxi à Manhattan en 2013

Variable	Moyenne	Écart-Type	Minimum	Maximum
Nombre de passagers	1.54	1.09	1	5
Durée de la course (en secondes)	689.00	457.72	10	19920
Prix total (USD)	12.77	7.80	2.5	893.69
Pourboire (USD)	1.18	1.66	0	888.19
Distance (Km)	3.72	3.39	0.016	136.95
Vitesse moyenne (km/h)	19.63	9.07	0.0062	60.00

FIGURE 4.1 – Vitesse moyenne en km/h par heure



Lorsqu'on évalue le nombre de passagers par voyage moyen, on remarque qu'il y a un plus grand nombre de passagers par voyages en moyenne le week-end. Les journées de samedi et dimanche montrent une moyenne de passager par voyage plus élevée. De plus, en regardant pour les heures de la journée, on peut observer que le nombre de passagers par voyage moyen augmente au fil que la journée passe.

FIGURE 4.2 – Moyenne du nombre de passagers par course selon la journée

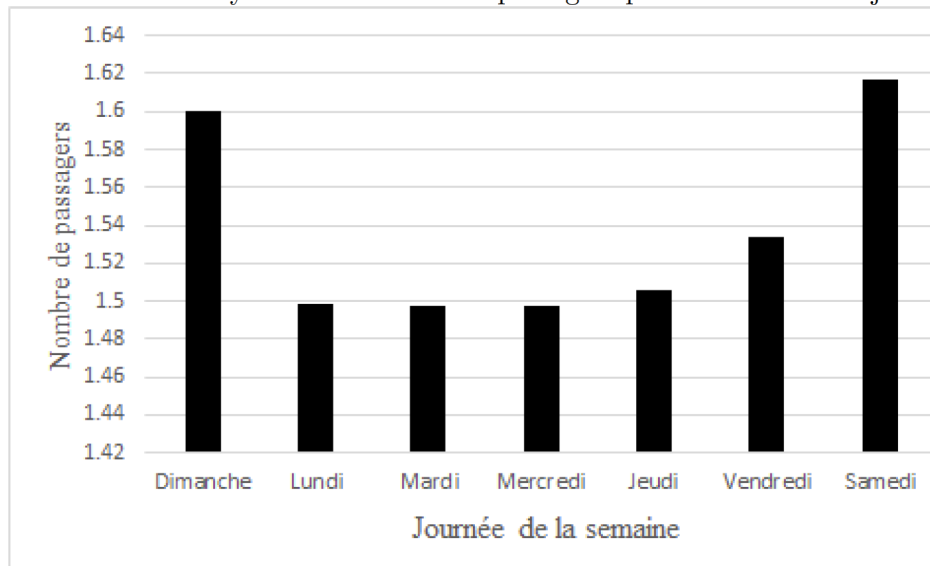
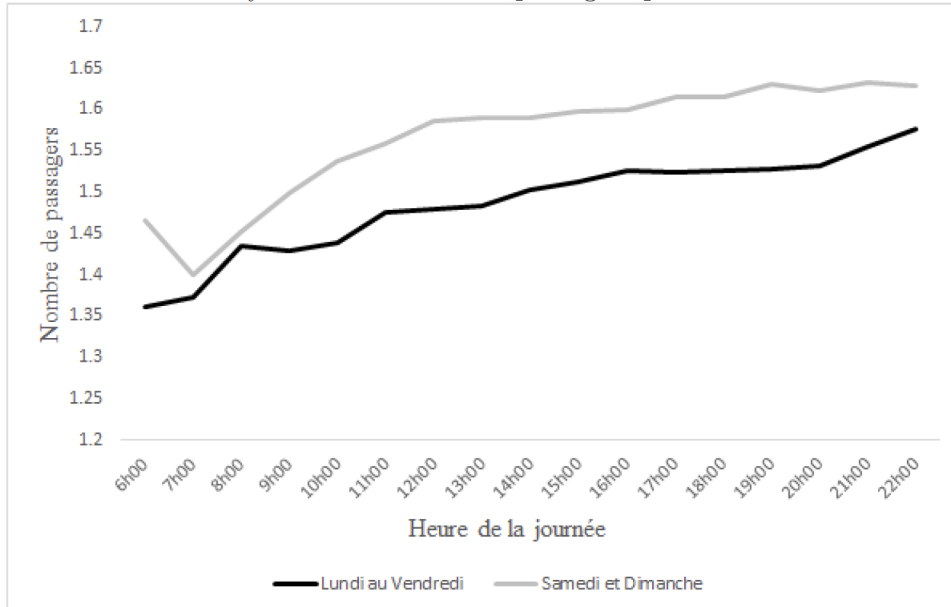
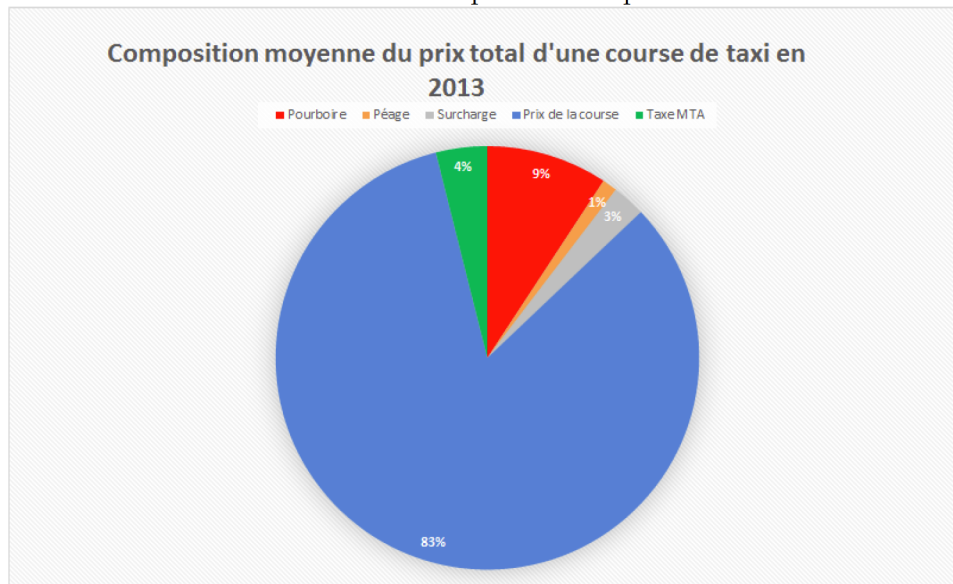


FIGURE 4.3 – Moyenne du nombre de passagers par course selon l'heure



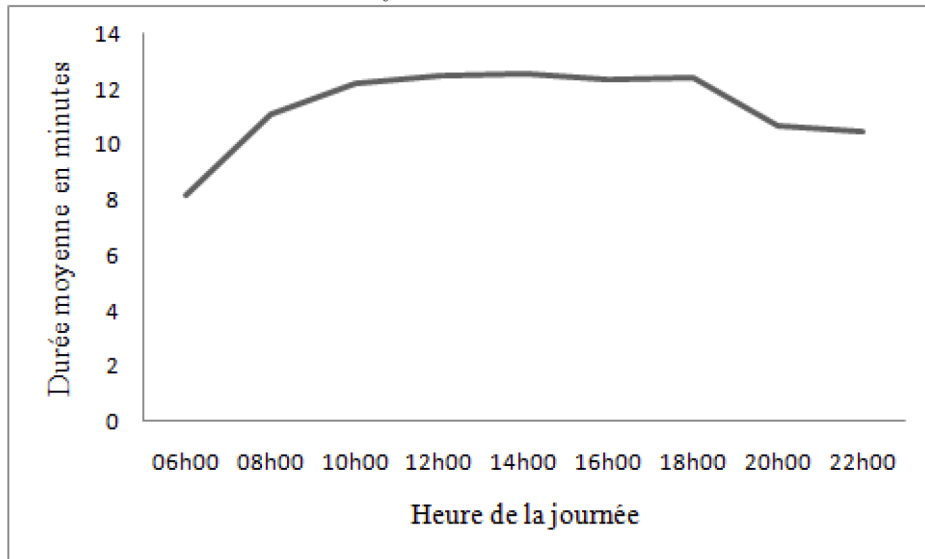
Nous pouvons également regarder la distribution du prix moyen payé par les voyageurs et nous remarquons que la plus grosse portion du prix total vient du frais de base qui constitue 83% du prix total payé. Le pourboire vient en second avec 9% et sur une plus petite base il y a respectivement la taxe MTA, le paiement de surcharge et les péages.

FIGURE 4.4 – Composition du prix total



Nous pouvons également observer qu'en moyenne durant l'année 2013, la durée d'une course augmente au fil des heures de la journée. À partir de 6h00 le matin, la durée augmente et ce n'est que vers 20h00 que la durée moyenne d'une course diminue.

FIGURE 4.5 – Durée moyenne d'une course de taxi selon l'heure



## Chapitre 5

# Méthodologie

### 5.1 Construction spatiale

L'espace d'étude de cette recherche se limite à la région de Manhattan. La raison est qu'environ 96.8 % des courses de taxi recueillies dans les données en 2013 débutent ou se terminent à Manhattan. De plus, les ménages qui résident sur l'île de Manhattan sont ceux qui utilisent le moins un véhicule personnel pour se déplacer. En effet, seulement une personne sur quatre qui réside à Manhattan possède un véhicule.<sup>1</sup> Il est donc juste de croire que les résidents de ce quartier utilisent souvent les autres solutions de transports tels que le taxi, train, bus et métro. Cela semble être en accord avec nos données puisqu'une grande majorité des courses se déroulent dans ce secteur.

Afin d'être en mesure de créer une matrice  $\mathbf{A}$  qui représente la volonté des individus à se déplacer entre les zones, l'arrondissement de Manhattan a été séparé en huit zones distinctes. Ces zones ont été choisies selon certains critères tels que les attractions touristiques, les parcs et les zones

---

1. New York City. 2012. New Yorker and cars <http://www.nycedc.com/blog-entry/new-yorkers-and-cars>

financières. À l'aide des données sur la latitude et la longitude des courses il a été possible de délimiter l'arrondissement à l'aide de certaines rues et certains lieux connus. Il est à noter que les limites est et ouest sont naturellement définies par la East River et la Hudson River respectivement. Donc en utilisant cette méthode, il est possible de construire l'équivalent empirique des éléments  $a_{ij}$  et de les utiliser comme paramètres des  $a_{ij}$  du modèle. La dimension des zones est sensiblement la même en terme de largeur et de longueur en kilomètres. Selon Lagos (2000) cette méthode va garantir que notre modèle est conforme avec les observations des différentes courses entre les différentes zones dans nos données.

La première zone constitue la région au sud de la 130e rue et au nord de Central Park. La seconde zone inclut la partie nord de Central Park jusqu'à la terrasse Bethesda en plein cœur du parc. La troisième zone contient la partie sud de Central Park. La quatrième zone contient certaines zones touristiques telles que la cathédrale Saint-Patrick, le centre Rockefeller, le musée d'art moderne, Time Square et les théâtres de Broadway. La cinquième zone inclut l'Empire State Building, le Madison Square Garden et la bibliothèque publique de la ville. Dans la sixième zone, on trouve l'Université de New York, le classique Flatiron Building et le théâtre public. L'avant-dernière zone inclut des lieux comme la petite Italie, le quartier chinois et le parc East River. Finalement, la dernière zone est la zone financière de New York. On y trouve les bureaux de la FED (banque centrale américaine), Wall Street, l'Hôtel de Ville et le parc Battery (voir la figure 8.1 en annexe).<sup>2</sup>

---

2. Pour de plus amples informations se référer en annexe

FIGURE 5.1 – Carte délimitant les  $n=8$  zones de Manhattan pour le modèle. Chaque point constitue le lieu servant à calculer  $\delta_{ij}$  Source : Redbubble



Pour créer la matrice de distance contenant les éléments  $\delta_{ij}$ , un point central a été choisi dans chaque zone. Ce point est déterminé de manière arbitraire et se situe en général à l'intersection de deux rues. C'est à la discrétion de l'auteur de définir une séparation logique des zones sur la superficie étudiée selon des caractéristiques précises (zone de théâtre, affaire, touristique, sportive, limitation physique telle qu'un parc, etc.) Pour la première zone, il s'agit de l'intersection de la 123e ouest et du boulevard Adam Clayton Jr. Le point central de la seconde zone est la jonction de la 97e traverse dans Central Park. La troisième zone a comme point central la terrasse Bethesda. Dans le cas de la quatrième zone, l'intersection de la 7e avenue et de la 53e rue a été choisie. Pour les zones cinq à huit il s'agit



respectivement de : 41e rue et Broadway ; 17e rue et 5e avenue ; rue Spring et Bowery ; Maiden Lane et la rue Nassau (les points centraux sont indiqués à l'aide d'un point dans la figure 8.1 en annexe).<sup>3 4</sup>

Il faudra avant tout identifier la zone la moins intéressante du point de vue du taxieur à l'aide de  $\gamma$  dans (3.2). Une fois que cette zone sera identifiée, il sera possible d'évaluer (3.10) à (3.12) et d'obtenir la valeur de  $\Phi$ . À l'aide de ce paramètre, il sera possible d'évaluer un nombre de rencontres agrégées qui sera conforme avec le modèle de Lagos qui est représenté par l'équation 3.13, c'est-à-dire qui permet de vérifier l'équation du modèle expliqué au 3e chapitre.

## 5.2 Distribution stationnaire

Afin d'évaluer les éléments du vecteur  $\mu$  (voir annexe section 8.1), nous devons calculer un système de 8 équations et 8 inconnues avec une contrainte et résoudre pour les  $\mu_i \quad i = 1, \dots, 8$ .<sup>5</sup> La méthode est la suivante ;

$$a_{21}\mu_2 + a_{31}\mu_3 + a_{41}\mu_4 + a_{51}\mu_5 + a_{61}\mu_6 + a_{71}\mu_7 + a_{81}\mu_8 = \mu_1$$

$$a_{12}\mu_1 + a_{32}\mu_3 + a_{42}\mu_4 + a_{52}\mu_5 + a_{62}\mu_6 + a_{72}\mu_7 + a_{82}\mu_8 = \mu_2$$

$$a_{13}\mu_1 + a_{23}\mu_2 + a_{43}\mu_4 + a_{53}\mu_5 + a_{63}\mu_6 + a_{73}\mu_7 + a_{83}\mu_8 = \mu_3$$

$$a_{14}\mu_1 + a_{24}\mu_2 + a_{34}\mu_3 + a_{54}\mu_5 + a_{64}\mu_6 + a_{74}\mu_7 + a_{84}\mu_8 = \mu_4$$

$$a_{15}\mu_1 + a_{25}\mu_2 + a_{35}\mu_3 + a_{45}\mu_4 + a_{65}\mu_6 + a_{75}\mu_7 + a_{85}\mu_8 = \mu_5$$

---

3. Se référer à l'annexe section 8.4 pour plus d'information

4. La distance entre les points a été évaluée à l'aide de *Google Maps*. Il s'agit donc d'une distance réelle qui utilise le sens des routes et non pas juste une distance entre deux points à vol d'oiseau. Lorsqu'il y avait plus d'un chemin possible, la distance la plus courte a été choisie.

5. Nous calculerons 7 équations pour 8 contraintes puisque ces équations sont des combinaisons linéaires l'une de l'autre

$$a_{16}\mu_1 + a_{26}\mu_2 + a_{36}\mu_3 + a_{46}\mu_4 + a_{56}\mu_5 + a_{76}\mu_7 + a_{86}\mu_8 = \mu_6$$

$$a_{17}\mu_1 + a_{27}\mu_2 + a_{37}\mu_3 + a_{47}\mu_4 + a_{57}\mu_5 + a_{67}\mu_6 + a_{87}\mu_8 = \mu_7$$

$$a_{18}\mu_1 + a_{28}\mu_2 + a_{38}\mu_3 + a_{48}\mu_4 + a_{58}\mu_5 + a_{68}\mu_6 + a_{78}\mu_7 = \mu_8$$

Les  $a_{ij}$  sont les éléments de notre matrice markovienne qui dictent la volonté de se déplacer des agents et nous avons également une contrainte :  $\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5 + \mu_6 + \mu_7 + \mu_8 = 1$ . Nous serons donc en mesure d'évaluer la pire zone du point de vu du taxieur et nous pourrons également évaluer  $\Phi$  qui est l'attraction relative de la pire zone.

### 5.3 Niveau agrégé

Il est intéressant de calculer la situation globale du taxi à Manhattan, d'avoir une image de la distribution des taxieurs sur toute la superficie de la région. Une évaluation sur le nombre de rencontres sera faite pour la période de 2013. Comme Lagos (2003) nous pouvons évaluer le nombre de rencontres entre les deux types d'agent pour une minute moyenne pour l'ensemble de la zone totale.

Il aurait été intéressant d'avoir des données provenant d'une autre zone géographique où la présence des compagnies digitales n'est pas présente et où le législateur garde la structure traditionnelle sans porter de modification (comme le projet E-hail à New York). Malheureusement, les grandes agglomérations où Uber, Lyft, etc. ne sont pas présents sont quasi inexistantes. Une des possibilités comme ville de contrôle serait Buffalo. Les compagnies digitales ne sont pas totalement implémentées, mais la non-disponibilité des données sur les courses de taxi empêche une telle étude.

# Chapitre 6

## Résultats

### 6.1 Matrice des $\delta_{ij}$ et des $a_{ij}$

En construisant la matrice des distances  $\delta_{ij}$ , j'ai pu établir les distances en kilomètres qui seront utilisées afin d'évaluer la zone la moins attirante du point de vue du taxieur. Les résultats obtenus se trouvent au tableau 6.1. On remarque également que  $\delta_{ij} = \delta_{ji}$  comme spécifié dans le chapitre 3.

TABLE 6.1 – Distance entre les paires de zones (en kilomètre)

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	2.8	5.1	6.2	7.3	9.1	11.5	14
2	2.8	0	2.5	4.5	5.6	6.5	9	10.9
3	5.1	2.5	0	1.9	3	5.4	8.1	9.2
4	6.2	4.5	1.9	0	1	3.4	5.7	7.2
5	7.3	5.6	3	1	0	2.3	5.1	6.3
6	9.1	6.5	5.4	3.4	2.3	0	2.5	4.4
7	11.5	9	8.1	5.7	5.1	2.5	0	3.1
8	14	10.9	9.2	7.2	6.3	4.4	3.1	0

J'ai mentionné que dans notre modèle, l'élément  $a_{ij}$  représente la part des voyages qui ont comme point d'origine la zone  $i$  et comme arrivée la zone  $j$ . J'ai donc utilisé la matrice des voyages du tableau 4.2 afin de créer la contrepartie empirique de la matrice  $\mathbf{A}$  expliquée en annexe à la section 8.1. Cette matrice représente donc la volonté de se déplacer des voyageurs de la zone  $i$  à  $j$ . Plus précisément, c'est ce qui nous permet de paramétrer les  $a_{ij}$  de notre modèle (Lagos 2000). Cette pratique permet de rester conforme avec les préceptes de notre modèle. La contrepartie empirique est illustrée dans le tableau 6.2. Notons que la somme des  $a_{ij}$  est égale à 1. Ainsi la distribution du continuum de consommateurs se trouvant à  $i$  et voulant aller vers  $j$  est respecté et tous les voyageurs se déplacent dans une autre zone, personne ne reste à  $i$ . C'est une hypothèse importante du modèle car chaque voyageurs veut quitter sa zone initiale.

TABLE 6.2 – Matrice des  $a_{ij}$  selon les données de 2013

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	0.43	0.33	0.07	0.08	0.06	0.02	0.01
2	0.14	-	0.55	0.10	0.10	0.08	0.02	0.01
3	0.03	0.28	-	0.31	0.18	0.13	0.03	0.04
4	0.01	0.07	0.34	-	0.30	0.20	0.04	0.04
5	0.01	0.04	0.20	0.24	-	0.41	0.06	0.04
6	0.01	0.03	0.11	0.09	0.46	-	0.24	0.06
7	0.01	0.02	0.08	0.07	0.15	0.49	-	0.18
8	0.01	0.02	0.09	0.08	0.16	0.38	0.26	-

## 6.2 Attirance vis-à-vis des zones

Il est mentionné en annexe que l'équation (8.11) définit le flux de la valeur d'être à  $i$  au début de la période où  $\pi_i = \sum_{j \neq i}^n a_{ij} \pi_{ij}$  est le profit espéré du taxieur conditionnel à avoir rencontré un voyageur à la zone  $i$ . Nous pouvons donc définir le profit espéré du taxieur selon les 8 zones

créées dans le modèle. Ma paramétrisation implique donc que :

$$\pi_1 = f + 4.82\gamma \quad (6.1)$$

$$\pi_2 = f + 3.59\gamma \quad (6.2)$$

$$\pi_3 = f + 3.30\gamma \quad (6.3)$$

$$\pi_4 = f + 2.50\gamma \quad (6.4)$$

$$\pi_5 = f + 2.64\gamma \quad (6.5)$$

$$\pi_6 = f + 3.11\gamma \quad (6.6)$$

$$\pi_7 = f + 3.89\gamma \quad (6.7)$$

$$\pi_8 = f + 5.25\gamma \quad (6.8)$$

alors, on peut affirmer que selon le modèle, la zone 4 est la pire zone du point de vu du chauffeur de taxi lorsqu'on évalue son profit espéré par zone. Plus précisément, les tableaux 4.1 et 4.2 impliquent que conditionnellement au fait d'être apparié à un client, la zone 4 est la pire parmi les 8 zones. Ce résultat permet d'affirmer que si le nombre de taxis est suffisamment petit par rapport au nombre de personnes ayant une volonté de se déplacer dans cette zone, il y aura une offre insuffisante dans la zone 4 (Lagos 2000).

Il est donc possible d'évaluer le paramètre  $\Phi$  qui est celui de la zone 4 car elle est la moins attirante des zones de notre modèle du point de

vu du taxieur. En premier lieu, la valeur des  $\mu_i$  a été calculée. Les résultats sont présentés dans le tableau 6.3.

TABLE 6.3 – Éléments du vecteur  $\mu$  selon les données 2013

$\mu_1$	0.025066	$\mu_5$	0.205749
$\mu_2$	0.089634	$\mu_6$	0.209428
$\mu_3$	0.183211	$\mu_7$	0.089564
$\mu_4$	0.146110	$\mu_8$	0.051237

En utilisant la formule (3.14) et les valeurs de mes données  $f = 2.50$  et  $\gamma = 4$  j'obtiens

$$\frac{0.625 + 2.50}{0.625 + 3.22} = 0.81274 = \phi_4 = \Phi$$

qui est la valeur pour évaluer le nombre de rencontres agrégé.

Nous avons vu dans la section 3.3<sup>1</sup> que si  $\theta > 1/\phi_4$ , alors il existe un équilibre unique : toutes les zones sont en excès d'offre. Si  $\theta = 1/\phi_4$ , les zones autre que 4 affichent un excès d'offre alors que l'offre est égale à la demande dans la zone 4. Finalement, si  $\theta < 1/\phi_4$ , il existe un équilibre unique avec un excès d'offre dans les zones autres que 4 et la zone 4 est en excès de demande (Lagos 2003).

### 6.3 Nombre de rencontres agrégées

Selon mes données, il y avait exactement 14144 permis en circulation à New York en 2013. À l'aide des données et en créant une variable de jour de semaine, il a été possible de calculer le nombre moyen de voyages durant une semaine de travail (lundi au vendredi) et durant le week-end. Le tableau 6.4 nous indique ces chiffres pour l'ensemble des journées.

1. Dans nos résultats par rapport à la section 3.3;  $\Phi = \phi_4$

TABLE 6.4 – Nombre de voyages moyen par jour en 2013

Journée	Fréquence
Dimanche	367521
Lundi	368577
Mardi	400964
Mercredi	413457
Jeudi	421212
Vendredi	434719
Samedi	428555

Puisque le nombre de courses de taxi durant une journée à Manhattan est plutôt élevé, nous utiliserons la minute comme mesure de temps. En effet, une course moyenne dure environ 11,5 minutes. Il n'est donc pas intéressant d'utiliser une mesure de temps supérieure à la minute puisqu'un taxi peut réaliser de nombreuses courses en 1 heure de travail. Il est donc intéressant d'évaluer le nombre de courses par minute lors des jours de semaine et de week-end. Ces chiffres sont illustrés au tableau 6.5.

TABLE 6.5 – Les taxis à New York

Nombre de voyages moyen par jours entre lundi et vendredi en 2013	Nombre de voyages moyen par jours le week end en 2013
Fréquence 407786	Fréquence 398038
Nombre de voyages moyen par minute entre Lundi et Vendredi en 2013	Nombre de voyages moyen par minute le week end en 2013
Fréquence 283	Fréquence 276

Nous pouvons donc affirmer qu'il y a environ 283 contacts par minute les jours de semaines<sup>2</sup> et 276 contacts par minute les week-ends. Une course moyenne de taxi le week-end dure 10.7 minutes et 11.7 minutes la semaine. Ce qui veut dire que pendant la durée d'une minute moyenne, il y a seulement  $14144-2953 = 11191$  taxis qui sont à la recherche d'un client le week-end et  $14144-3311 = 10833$  taxis qui cherchent un client la semaine.

2. Par jour de semaine, nous définissons du lundi au vendredi inclusivement

Nous avons donc le nombre de taxis agrégés  $v$  pour le week-end et la semaine.

$$v_{we} = 11191$$

$$v_{sem} = 10833$$

Le nombre de voyageur  $u$  sera choisi pour être en respect avec le modèle, c'est-à-dire que  $u$  sera défini selon le fait qu'il y a 283 contacts par minute les jours de semaines, donc 283 voyageurs par minute. De même pour les jours de week-end, puisque nous avons 276 contacts par minutes, nous avons donc 276 voyageurs par minute. Alors ;

$$u_{we} = 276$$

$$u_{sem} = 283$$

Nous avons vu l'équation pour évaluer le nombre de rencontres agrégées à 3.13, soit  $R(u, v) = \min[u, \Phi v]$ . Si j'utilise mes paramètres sur une période d'une minute, il est nécessaire pour que le modèle soit cohérent que :  $\min[\mathbf{u}, \mathbf{9095}] = \mathbf{276}$  le week-end et  $\min[\mathbf{u}, \mathbf{8804}] = \mathbf{283}$  la semaine. Nous avons donc notre nombre de rencontres agrégé pour les taxis de New York lors des week-ends et de la semaine en 2013, respectivement 276 et 283 rencontres par minute.

## 6.4 Test du modèle de Lagos par zone

Lagos propose des allocations d'équilibre lorsque  $\Pi > 0$ . Dans notre cas la valeur de tension de marché  $\theta = \frac{v}{u}$  sera toujours plus grande que  $\frac{1}{\Phi}$  où  $\Phi = \phi_4$ . Nous nous retrouvons donc (selon le modèle) dans une situation où il existe un équilibre unique et toutes les zones sont en situation d'offre excédentaire. Dans la figure 6.1 il s'agit de la situation (1) et on peut donc utiliser les paramètres de ma base de données pour estimer un nombre de clients, de taxi et de rencontres par zone. Nous nous concentrerons sur les



courses par semaines calculées dans la section précédente où  $u_{sem} = 283$ . Dans notre cas ce nombre de rencontres  $m_i = r_i$  est défini au chapitre 3.<sup>3</sup> Mes données sont donc consistantes avec le modèle proposé par Lagos (2000). Nous avons une situation où les valeurs agrégées de  $u$  et  $v$  font en sorte que  $\theta = \frac{10833}{283}$  est plus grand que  $\frac{1}{\phi} = 1.230$ . Le tableau 6.6 illustre les  $v_i$  et  $u_i$  de nos données. Nous pouvons observer que nos valeurs agrégées sont distribuées entièrement dans les 8 zones c'est-à-dire qu'en sommant les  $v_i$  et en sommant les  $u_i$  nous arrivons aux même nombre que la section précédente.

FIGURE 6.1 – Allocations optimales Lagos (2000)

TABLE 2  
EQUILIBRIUM ALLOCATIONS WHEN  $\Pi > 0$

	$\theta \geq 1/\phi :$	$\theta < 1/\phi$	
	$i = 1, \dots, n$	$i = 1, \dots, k-1$	$i = k, \dots, n$
	(1)	(2)	(3)
$u_i$	$\mu_i u$	$\mu_i \phi v$	$\mu_i \phi v + \epsilon_j (u - \phi v)$
$v_i$	$\mu_i \phi_i v$	$\mu_i \phi_i v$	$\mu_i \phi v$
$m_i$	$\mu_i u$	$\mu_i \phi v$	$\mu_i \phi v$

3. voir page 17

TABLE 6.6 – Allocations d'équilibre par zone selon les données 2013

Zone		Zone	
1	$u_1 = 8$ $v_1 = 502$ $m_1 = 7$	5	$u_5 = 58$ $v_5 = 2466$ $m_5 = 5$
2	$u_2 = 25$ $v_2 = 1387$ $m_2 = 25$	6	$u_6 = 59$ $v_6 = 2872$ $m_6 = 54$
3	$u_3 = 52$ $v_3 = 2638$ $m_3 = 52$	7	$u_7 = 25$ $v_7 = 1486$ $m_7 = 25$
4	$u_4 = 41$ $v_4 = 1688$ $m_4 = 41$	8	$u_8 = 15$ $v_8 = 1106$ $m_8 = 15$

Selon nos données, il semble donc que chaque zone se trouve dans une situation d'offre supérieure à la demande de taxi et il serait donc difficile d'évaluer l'impact avant et après d'un projet technologique.

Il faut également comprendre que le nombre de clients est en fait le nombre de voyageurs et non pas la population totale qui se trouve dans la zone étudiée.  $u$  et  $u_i$  sont très petit par rapport à  $v$  et  $v_i$ . La raison est que les données de cette étude sont des courses de taxi. Donc, une course réalisée équivaut à un voyageur voulant se déplacer. Les voyageurs utilisent uniquement le taxi et aucun autre substitut de transport. Leur volonté de se déplacer est capté par notre matrice  $\mathbf{A}$

Le nombre d'offreur est grand car le modèle distribue le nombre de permis de taxi, donc le nombre d'offreurs, parmi les 8 zones du modèle. Puisque nous avons 14144 permis de taxi différent, il est normal d'avoir un certain écart entre  $u_i$  et  $v_i$ . Nous pouvons également déterminer que les

taxieurs préfèrent la zone 3, 5 et 6. Ces zones correspondent à la partie centrale de Manhattan où l'on peut trouver une partie de Central Park, Broadway et Time Square. Il s'agit de zones qui sont très touristiques et le profit espéré de la part du taxieur est plus grand car ces derniers choisissent de se placer à ces endroits plutôt que dans les autres zones. La zone 1 est la moins prisée par les taxieurs. Cette zone se situe au nord dans un secteur plus résidentiel donc moins touristique. Ainsi, le modèle de Lagos et nos données récentes nous permettent d'avoir une image détaillée du choix de placement des taxieurs à Manhattan en 2013.

Le modèle permet de calculer la distribution des taxis selon les paramètres de stationnarité et les paramètres d'attraction relative de la zone  $i$  par rapport aux autres zones. Nous observons donc que nous sommes en situation d'excès de l'offre puisque le nombre de voyageurs est considérablement petit par rapport au nombre de taxieurs. Lagos (2003) en arrive au même résultat pour une année différente et un nombre de courses inférieure c'est-à-dire qu'au niveau agrégé, il calcul environ 380 rencontres pour un peu plus de 7000 taxis. De plus, si une matrice du temps de voyages entre les zones en minutes est créée, on peut remarquer que le plus long voyage peut durer en moyenne 57 minutes. Cette matrice a été créée selon le sens des rues à Manhattan, le trafic moyen et sans pouvoir utiliser les autoroutes. Il est donc possible que la totalité des taxis qui desservent notre zone d'étude puissent se déplacer d'une zone à l'autre durant la journée et que l'offre soit effectivement excédentaire dans toutes les zones. On peut noter également qu'une course d'une zone à l'autre n'a pas la même durée selon le sens que le taxi voyage.

TABLE 6.7 – Durée moyenne en minute d’un trajet d’un point à l’autre d’une zone

Zone	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	10	21	25	36	43	51	52
2	9	0	13	18	27	42	54	57
3	19	12	0	10	19	30	38	39
4	27	17	18	0	9	21	35	39
5	29	23	21	10	0	15	22	28
6	44	41	36	26	18	0	12	23
7	48	45	38	32	27	12	0	17
8	49	46	42	34	31	18	18	0

Les conditions d’équilibre sont également respectées. Nos valeurs par zones respectent le nombre agrégé des valeur de voyageurs et de clients. Des zones hétérogènes ont été choisies afin de capter l’arbitrage des taxis et d’illustrer leurs différents positionnements dans la carte choisie et la volonté de voyager d’une zone à l’autre est consistant à l’aide du vecteur  $\mu$  qui permet d’avoir une distribution qui ne varie pas dans le temps.

Le modèle reste donc pertinent car il permet de calculer le goût des taxieurs quant à leur placement dans les différentes zones. Ce choix est motivé par le profit espéré et nous avons pu observer la distribution des permis (taxis) sur les 8 zones de Manhattan. Si le nombre de zones augmentes, les observations seraient les mêmes car le ratio qui capte la tension de marché  $\theta$  ne varierait pas énormément. Certes le nombre de taxis par zones va diminuer, mais il en est de même pour le nombre de voyageurs.

Une expérience a été faite en simulant une offre spécifique à chaque zone. En premier lieu, un calcul de départ de course par zone a été fait selon le permis du taxieur. Ensuite il a fallu définir la zone préférée du taxi pour déterminer sa zone exclusive. Ensuite, il a fallu sommer le nombre de courses par zone selon les préférences des détenteurs de permis. Les résultats ne semblait pas pertinent puisque la distribution des taxis à travers des 8

zones semblait illogique et que cela violait le modèle utilisé pour l'analyse. En effet dans le figure 6.1,  $v_i = \mu_i \phi_i v$  ne serait pas respecté.

## 6.5 Limites des données et difficultés

La principale difficulté lorsqu'on veut estimer une fonction d'appariement, est la dépendance de celle-ci à la qualité des données. Nombreux sont les auteurs qui expliquent les limites de leurs résultats comme une conséquence de la mauvaise qualité des données. Certains expliquent le nombre limité de l'information qui est possible d'utiliser pour évaluer un niveau de friction (Beveridge 1945). D'autres ajoutent qu'il peut y avoir des erreurs dans la collecte d'informations, car les agents fournissent de faux chiffres (J.C.R Dow 1958). Il y a également une limite quant à la qualité des variables. Certaines variables collectées peuvent ne pas inclure le rôle important de certaines caractéristiques. Par exemple, une étude qui se base sur l'offre du travail dont le rôle du salaire réel est sous-estimé (Bowden 1980). La fréquence des données utilisée peut également être source d'imprécision dans les résultats. On peut citer en exemple la collecte de données mensuelles plutôt que journalière qui rend l'analyse moins exacte. Blanchard et Diamond (1989) ajoutent que le rôle disproportionné de certains acteurs peut fausser l'interprétation de la fonction d'appariement. Le danger est de se retrouver avec une fonction d'appariement qui explique plutôt comment le groupe dominant va trouver l'offreur plutôt qu'une fonction qui explique comment les agents se retrouvent entre eux de manière générale.

Dans notre cas, il y a seulement deux types d'agents ; les taxieurs et les clients. Il n'y a pas de groupe dominant. Les clients sont similaires et se distinguent uniquement par leurs volontés de se déplacer. Les taxieurs quant à eux sont également similaires, il n'y a pas de taxi qui offre un service supérieur à un autre. Chaque taxieur offre le même service, le seul facteur qui affecte leur production est leur localisation dans l'espace étudié. Dans notre cas les données utilisées sont journalières. Elles captent tous les voyages de

taxi répertoriés par les conducteurs durant une période précise.

Toutefois, les données utilisées dans cette étude sont plutôt limitées. Ce qui amène également aux limites du modèle. Le choix du modèle de Lagos est en partie justifié par le type de données disponibles. Des données de courses géographiques qui sont captées par des systèmes électroniques à l'intérieur des taxis. Avec le type de variables, il est difficile d'utiliser un modèle de régression multiple pour expliquer des liens de relations ou de causalité entre les variables. En effet, l'utilisation des modèles classiques d'économétrie (régression) semblait redondant car il n'y avait pas d'intérêt à expliquer l'effet d'une variable sur une autre. Les régressions du prix d'une course sur plusieurs variables explicatives n'étaient pas concluantes. Les seules vraies variables qui ont un effet significatif sur le prix d'une course sont la distance parcourue et le temps de la course ce qui est plutôt logique, donc faire une régression servirait uniquement à expliquer une relation qui est déjà établie.

Le modèle de Lagos est intéressant car ce dernier permet d'utiliser des données qui contiennent des variables géographiques et permet à l'aide d'un paramètre d'attraction relative d'ordonner les préférences de zones sur un territoire et cela du point de vue du taxieur. Donc ce modèle est pertinent puisqu'il nous permet de capter le comportement de maximisation de profit du taxieur en prenant compte ses choix de placements et des profits espérés par zones.

La limite du modèle se trouve du côté des consommateurs. En effet il est difficile de capter le comportement des consommateurs à l'aide du modèle. L'hypothèse est qu'on suppose que chaque voyage capte la volonté de se déplacer des consommateurs. Mais le modèle capte uniquement les consommateurs qui réussissent à trouver un taxi. On suppose que le nombre de consommateurs par zones devrait être beaucoup plus grand que les chiffres proposés dans la section 6.4. Donc le modèle n'illustre pas la volonté des consommateurs dans l'ensemble de la population mais plutôt la volonté des consommateurs qui trouvent un taxi. Il ne prend pas compte des clients qui

abandonnent et choisissent un moyen différent tels que les trains, métros et autobus. Il n'y a pas de données disponibles quant aux habitudes globales de déplacement des habitants de Manhattan qui datent de la même période que les données de cette étude-ci.

Les données s'appliquent donc bien au modèle utilisé et les résultats représente sa pertinence (positionnement, choix de l'offreur dans le marché du taxi à New-York en 2013) mais également la limite du modèle (situation d'offre excédentaire et nombre de voyageurs petit comparativement au nombre de taxieur).

## Chapitre 7

# Conclusion

Un modèle de fonction d'appariement a été utilisé pour calculer le nombre de rencontres entre les chauffeurs et les taxis à New York durant la période 2013. Ce modèle est un modèle alternatif proposé par Lagos (2000 et 2003). Lagos arrive aux résultats qu'il n'y a pas de frictions dans son expérience et qu'en général les zones étudiées sont en excès d'offre c'est-à-dire qu'il y a plus de taxis que de clients par zones modélisées. Pour affirmer cela, il utilise un paramètre qui capte la tension du marché et peut donc déterminer les allocations optimales par zones. Ce mémoire en est venu aux mêmes résultats en évaluant les courses de taxi. L'environnement étudié nous permet d'affirmer que nous devrions être dans un système d'allocation d'équilibre où toutes les zones sont en excès d'offre. Le modèle de Lagos s'applique de manière consistante aux données de ce mémoire (les variables peuvent être utilisée par un tel modèle et les résultats respectent les conclusions du modèle). En effet, nos valeurs calculées vont de pair avec le modèle utilisé. Nous avons pu modéliser une matrice qui dicte la volonté de se déplacer des usagers de taxi et un environnement hétérogène avec des profits espérés différents selon les zones a pu également être calculé. En calculant notre valeur de tension de marché, nous avons pu affirmer qu'avec la distribution de clients étudiée et un environnement hétérogène, nos alloca-



tions d'équilibre illustrent des zones où l'offre de taxi est excédentaire à la demande de taxi.

L'étude de l'effet du projet pilote sur le modèle ne semble pas concluante dans notre situation. En effet on ne peut pas vraiment mesurer son impact si nous nous trouvons dans une situation où les taxis sont en excès d'offre par rapport aux voyageurs. Puisqu'il y a déjà plus de taxis disponibles par client une amélioration technologique ne va pas générer plus de rencontres.

L'étude de ce modèle sur l'industrie du taxi et sa réaction quant à l'émergence d'une innovation technologique serait pertinente dans le cas où nous sommes en mesure d'identifier une zone qui serait en excès de demande. Cela voudrait dire que dans cette zone il existe des clients qui ne sont pas servis alors qu'une autre zone est en excès d'offre. Selon la figure 6.1, lorsque le paramètre de tension du marché est inférieur à l'inverse de l'attraction relative de la pire zone,  $\theta < \frac{1}{\Phi}$ , il existe au moins une zone qui est en excès de demande alors que les autres sont en excès d'offre. Cela dépend du nombre de zones calculées et du choix de positionnement des taxieurs. Dans cette situation, il serait possible d'évaluer l'effet avant et après sur le nombre de rencontres entre les clients suite à un progrès technologique. Par exemple si la zone 3 est en excès de demande, à l'aide de l'application, il est possible qu'un taxi se trouvant dans une zone en excès d'offre à proximité puisse se déplacer dans la zone où il y a plus de clients que de taxis et réaliser une rencontre supplémentaire. Donc l'effet de l'application dans une situation comme celle étudiée dans ce mémoire serait difficilement estimable puisque selon notre paramétrisation il n'y a pas de zone en excès de demande.

La technologie permet d'aider l'appariement entre les différents agents. Elle permet d'avoir une meilleure répartition des taxis au travers des zones et améliore le temps d'attente du consommateur, mais le modèle choisit doit permettre de définir une ou plusieurs zones en excès de demande et cela est grandement affecté par le choix de positionnement du taxieur et de la construction géographique de l'endroit étudié

On peut toutefois supposer qu'il est normal de penser que le projet pilote aura peu ou pas d'impact sur le nombre de rencontres par minutes. Il a été indiqué en introduction de ce mémoire que ce projet pilote n'est pas une nouvelle application mobile exclusive, mais plutôt un projet permettant d'appeler un taxi par l'entremise d'une application déjà existante telle qu'Uber. Il est juste de supposer qu'un client qui télécharge l'application d'Uber veut utiliser le service d'Uber et non pas un taxi jaune. En effet, seulement 17% des courses totales commandées par ces applications ont résulté en une commande de taxi jaune en 2013.<sup>1</sup> De plus, plusieurs ratés ont été cités telles que des taxis jaunes qui ne se présentent pas suite à une demande de service par le projet E-hail. Nous pouvons ajouter à cela le manque d'information de la population, c'est-à-dire qu'il y a encore la présence de la pratique classique qui consiste à se placer physiquement pour utiliser un taxi jaune plutôt que d'utiliser une application de plus ce n'est pas tout le monde qui possède ou veut utiliser des applications sur les téléphones intelligents.

L'auteur de ce mémoire croit quand même que l'utilisation de ce modèle reste pertinente et qu'il serait intéressant d'évaluer le nombre de rencontres entre clients et taxieurs suite à l'adoption d'une application mobile exclusive à l'industrie classique du taxi. Ce projet a vu le jour en août 2015. L'industrie du taxi new-yorkais a lancé une application nommée *Arro* pour palier son manque de coordination avec la clientèle et pour faire face à la concurrence féroce des compagnies digitales.<sup>2</sup> Malheureusement, l'étude des données de ce nouveau projet n'a pu être réalisé en raison de la base de données incomplète lors de la rédaction de ce mémoire. En effet, les données des courses de la période 2015 n'étaient pas encore disponibles sur le site de l'agence qui gère les taxis new yorkais.

---

1. Jeff Roberts 2013, voir annexe

2. Garica. 2008. <http://money.cnn.com/2015/08/28/news/arro-taxi-cab-app-nyc/>

## Chapitre 8

# Annexe

Pour définir la probabilité  $p_i$  qu'un chauffeur de taxi rencontre un client il suffit simplement de calculer :

$$p_i = \frac{\min[u_i, v_i]}{v_i} \quad (8.1)$$

$$p_i = \min\left[\frac{u_i}{v_i}, 1\right] \quad (8.2)$$

$$p_i = \min\left[\frac{1}{\theta_i}, 1\right] \quad (8.3)$$

Pour définir la probabilité qu'un client rencontre un taxi  $\theta_i p_i$  :

$$\theta_i p_i = \theta_i \min\left[\frac{1}{\theta_i}, 1\right] \quad (8.4)$$

$$\theta_i p_i = \min[1, \theta_i] \quad (8.5)$$

### 8.1 Stationnarité

Puisqu'un client ne peut pas quitter sa zone à moins d'être apparié avec un taxi, le nombre de personnes qui peuvent aller à leurs zones désirées

est déterminé par le nombre de taxis à leur zone initiale (Lagos 2000). S'il y a  $u_i$  voyageurs qui veulent quitter  $i$  seulement une proportion  $p_i\theta_i u_i$  sera en mesure de le faire. Si  $\theta_i \geq 1$  il y a un plus grand nombre de taxis que de clients à  $i$ . Tous les voyageurs qui désirent quitter seront en mesure de le faire. Si  $\theta_i \leq 1$  le nombre de taxis n'est pas suffisant et donc une fraction  $p_i\theta_i$  des  $a_{ij}u_i$  voyageurs voulant aller de  $i$  à  $j$  pourront le faire (Lagos 2000).

Soit  $r_{ij} = a_{ij}r_i$  qui définit le flux de rencontres de  $i$  à  $j$ , nous obtenons une allocation stationnaire seulement si :

$$\sum_{j \neq i}^n r_{ij} = \sum_{j \neq i}^n r_{ji} \quad (8.6)$$

L'équation (8.6) est similaire à (3.7). L'équation (3.6) assure que les taxis n'ont pas de transfert de zone profitable. Il faut noter qu'à l'équilibre, un taxi ne trouvera jamais optimal de refuser un client puisque  $V_{ij} = \pi_{ij} + \beta V > U_i = \beta V \quad \forall i$ . Le profit d'une course qui se réalise est toujours plus grand que d'être un taxi vacant et se resituer dans une autre zone.

L'équation (3.6) peut être combinée avec l'équation (3.1), (3.3) et (3.4) pour avoir :

$$V_i = p_i \sum_{j \neq i}^n a_{ij} V_{ij} + (1 - p_i) \beta V_i \quad (8.7)$$

$$V_i = p_i \sum_{j \neq i}^n a_{ij} V_{ij} + \beta V_i - P_i \beta V_i \quad (8.8)$$

$$V_i - \beta V_i + p_i \beta V_i = p_i \sum_{j \neq i}^n a_{ij} V_{ij} \quad (8.9)$$

$$V_i - \beta V_i + p_i \beta V_i = p_i \sum_{j \neq i}^n a_{ij} [\pi_{ij} + \beta V_i] \quad (8.10)$$

$$(1 - \beta) V_i = p_i \pi_i \quad (8.11)$$

L'équation (8.11) définit le flux de la valeur d'être à  $i$  au début de la période où  $\pi_i = \sum_{j \neq i}^n a_{ij} \pi_{ij}$  est le profit espéré du taxieur conditionnel à avoir rencontré un voyageur à la zone  $i$ .

L'équation (3.6) peut être réécrite en utilisant le terme droit de (8.11);

$$p_i \pi_i = p_n \pi_n \quad \forall i = 1, \dots, n-1 \quad (8.12)$$

Le profit espéré du taxieur doit être le même, peu-importe la zone où il se place.

Lagos (2000) affirme que le flux de voyageurs entre les zones est dirigé par une matrice markovienne et que cette matrice dicte la volonté des voyageurs à se déplacer. Nous avons donc un vecteur  $\vec{u}$ . Ce vecteur est utilisé pour résoudre les  $n-1$  équations de l'équation (3.7). Le vecteur  $\vec{u}$  résout ces équations seulement si  $\vec{u} \mathbf{A} = \vec{u}$  où la matrice markovienne  $\mathbf{A}$  représente la volonté de se déplacer :

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1-u & ua_{12} & \dots & ua_{1n} \\ ua_{21} & 1-u & \dots & ua_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ ua_{n1} & ua_{n2} & \dots & 1-u \end{bmatrix}$$

La matrice  $\mathbf{A}$  est une matrice de Markov strictement positive. C'est pourquoi on peut supposer qu'elle a une distribution stationnaire unique. Soit un vecteur  $\mu$  et

$$\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, 1 - \sum_{i=1}^{n-1} \mu_i) \quad \text{tel que : } \mu \mathbf{A} = \mu \quad (8.13)$$

dans notre cas, il s'agit donc de calculer la valeur de  $\mu_i$  dans un système de 7 équations et 8 inconnues avec la contrainte que  $\sum_{i=1}^n \mu_i = 1$ .

## 8.2 Particularités de l'équilibre

Lagos (2000) propose un modèle où le profit espéré d'un chauffeur de taxi conditionnel à avoir trouvé un client est le même peu importe la zone.

$$\Pi = \text{Max}[\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n] - \text{Min}[\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n] \quad (8.14)$$

Donc la particularité  $\Pi = 0$  signifierait que les taxis maximisent leurs profits en se plaçant dans n'importe quelles des zones, car le nombre de rencontres est le même dans chaque zone. De plus, la condition d'équilibre (3.6) pourrait être réécrite ainsi ;

$$\min\left[\frac{1}{\theta_i}, 1\right] = \min\left[\frac{1}{\theta_n}, 1\right] \quad \forall i = 1, \dots, n - 1 \quad (8.15)$$

Donc en équilibre, chaque zone est en excès d'offre ou aucune d'elles ne l'est. Selon la valeur de  $\theta_i$  il existe trois équilibres possibles. Un équilibre avec un excès de taxis dans toutes les zones, un équilibre où l'offre de taxis est égale à la demande de taxi et un équilibre où il y a un excès de demande dans une seule zone, mais aucune offre excédentaire dans les autres.

Cette situation n'est pas très intéressante car il n'est pas très réaliste de supposer que toutes les zones de la ville ont le même profit espéré du point de vu du taxieur. Prenons l'exemple de l'aéroport John F. Kennedy, il a été observé que les clients attendent souvent un taxi dans une zone de la ville alors qu'au même moment, des chauffeurs de taxi attendent des clients dans une autre zone de la ville (tel un aéroport). (La Croix 1992). C'est pourquoi dans notre modèle la deuxième situation est choisie. Une situation qui suppose une hétérogénéité entre les zones et qui permet de réécrire la

condition d'équilibre (3.6) ainsi :

$$\min\left[\frac{1}{\theta_i}, 1\right] \leq \dots \leq \min\left[\frac{1}{\theta_{k-1}}, 1\right] < \min\left[\frac{1}{\theta_k}, 1\right] = \dots = \min\left[\frac{1}{\theta_n}, 1\right] \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (8.16)$$

### 8.3 Nettoyage de la base de données

Dans le but d'avoir des observations qui semblent réalistes, plusieurs observations ont dû être supprimées (environ 12% des observations) :

- les observations affichant des prix négatifs, distances négatives
- les observations qui affichent un nombre de passager nul
- les observations dont la durée de course ne concorde pas avec la distance parcourue
- les observations qui n'ont pas un taux de base commençant à 2.50\$
- les observations affichant une durée qui ne fait pas de sens (millions de secondes)
- les observations qui ont des coordonnées géographiques improbables ou irréalistes
- les observations dont la course se trouve à l'extérieur de l'agglomération de New York
- les courses ayant une vitesse moyenne supérieure à 50 km/h<sup>1</sup>
- les péages dépassant 15\$

Les observations qui ont un taux de base non standard, c'est-à-dire les courses qui n'ont pas lieu dans la région de Manhattan, mais qui

---

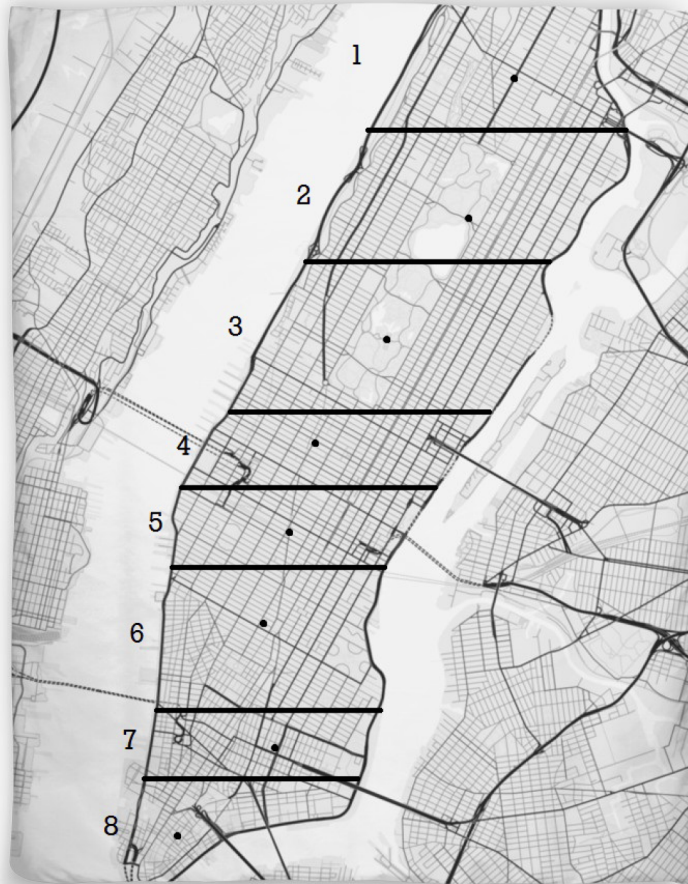
1. La limite de vitesse dans les rues de Manhattan se situe autour de 40 km/h. Mais il est possible d'utiliser les autoroutes en bordure de la East River et de la Hudson River où la limite est de 50 km/h

desservent plutôt des zones comme l'aéroport John F. Kennedy, Nassau ou toute autre zone qui nécessite un taux de base différent du taux standard de 2.50\$.



## 8.4 Carte de Manhattan

FIGURE 8.1 – Carte délimitant les  $n=8$  zones de Manhattan pour le modèle. Chaque point constitue le lieu servant à calculer  $\delta_{ij}$  Source : Redbubble



## Chapitre 9

# Bibliographie

Anderson, N. Donald. 2014. "Not just a taxi ? For-profit ridesharing, driver strategies, and VMT", *Transportations*, Volume 41, édition 5, pp.1099-1117

Beveridge, William H. 1945. "Full Employment in a Free Society." *New York : W.W Norton & Company*

Blanchard, Olivier Jean and Peter Diamond. 1989. " The Beveridge Curve". *Brookings Papers on Economic Activity*. 1 : 1989, 1-76

Bucholz, Nicholas. 2015. "Spatial Equilibrium, Search Frictions and Efficient Regulation in the Taxi Industry", thèse de doctorat, University of Texas Austin, 70 p.

Dow. J. Christopher R. and Louis A. Dicks-Mireaux. 1958. "The Excess Demand for Labour : A Study of Conditions in Great Britain, 1946-56". *Oxford Economic Papers* 10(1) :1-33

Bowden. Roger. 1980. " On the Existence and Secular Stability of u-v Loci". *Economica*. Vol 47, No : 185. London School of Economics, pp 35-50

Frechette Guillaume, Alessandro Lizzeri et Tobias Salz. 2016. "Friction in

a Competitive, Regulated Market : Evidence from Taxi”. Papier préliminaire. Université de New York. 44p.

Garcia, Ahiza. 2015. ”NYC yellow cabs get their own hailing app.” <http://money.cnn.com/2015/08/28/news/arro-taxi-cab-app-nyc/>, En ligne. Consultée le 2014-04-06

Gouvernement de New York. 2008. ”Medaillon FAQ : Medaillon Sale”. <http://www.nyc.gov/html/tlc/medallion/html/faq/main.shtml>, En ligne. Consultée le 2016-02-10

IDUWU. 2016. ”How Much Does Uber Drivers Make ?”, <http://www.idrivewithuber.com/how-much-do-uber-drivers-make>, En ligne. Consultée le 2016-03-25

La Croix, S.J.J Mak et W. Miklius. 1992. ”Evaluation of Alternative Arrangements for the Provision of Airport Taxi Service”, *Logistics and Transportation Review* 28 . pp 147-166

Lagos Ricardo. 2000. ”An Alternative Approach to Search Frictions”. *Journal of Political Economy*, Numéro 108, pp. 851-873

Lagos Ricardo. 2003. ”An Analysis of the Market for Taxicab Rides in New York City”. *International economic review*, Volume 44, No.2, pp.423-434

Mullen, Joe. 2015. ”Cab Medaillon Owners sur NYC, Blame Uber for Ruining Business”. *ARS Technica*, <http://arstechnica.com/tech-policy/2015/11/cab-medallion-owners-sue-nyc-blame-uber-for-ruining-business/>, En ligne. Consultée le 2015-12-01

Pissarides, Christopher A. 2001. ”Equilibrium Unemployment Theory 2nd Edition” *The MIT Press, Cambridge*, 250p.

Roberts, Jeff. 2013. ”Only 17% of Uber and Hailo e-hails result in an actual taxi ride, says NYC data”. <https://gigaom.com/2013/08/08/only->

17-of-uber-and-hailo-e-hails-result-in-an-actual-taxi-ride-says-nyc-data/,  
En ligne. Consultée le 2016-04-02

Skok, Walter et Stephen Baird. 2005. "Strategic Use of Emerging  
Technology : The London Taxicab Industry", *Strategic Change*, Volume 14,  
No. 6, pp.285-306

Stenovec, Tim. 2016. "More Proof That Uber is Killing the Taxi  
Industry.". *Tech Insider*, [http ://www.techinsider.io/more-proof-that-uber-  
is-killing-the-taxi-industry-2016-1](http://www.techinsider.io/more-proof-that-uber-is-killing-the-taxi-industry-2016-1), En ligne. Consultée le  
2016-02-29

Ville de New York. 2012. "New York City and Cars". *New York City  
Economic Development Corporation*.  
[http ://www.nycedc.com/blog-entry/new-yorkers-and-cars](http://www.nycedc.com/blog-entry/new-yorkers-and-cars), En ligne.  
Consultée le 2016-03-25

Ville de New York, TLC. 2015. "Resolution Extending Pilot Program to  
Evaluate Electronic Hail Application".  
[http ://www.nyc.gov/html/tlc/downloads/pdf/ehail-pilot-extention-final-  
resolution.pdf](http://www.nyc.gov/html/tlc/downloads/pdf/ehail-pilot-extention-final-resolution.pdf), En ligne. Consultée le  
2015-09-01