UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'EFFICIENCE DES TRANSPORTEURS AÉRIENS : UNE COMPARAISON INTERNATIONALE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR

MATHIAS N. GROSSMANN

SEPTEMBRE 2012

Remerciement

En préambule à ce mémoire, je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Je tiens à remercier sincèrement Monsieur Pierre Ouellette Ph.D., qui, en tant que Directeur de mémoire, s'est toujours montré disponible tout au long de la réalisation de cette étude. De plus, je le remercie pour le savoir qu'il m'a transmis durant l'année, sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Je tiens à remercier mon frère, Julien Grossmann, et mon père, Martin Grossmann, qui m'ont permis de voir différentes perspectives sur mon sujet de mémoire à des fins d'améliorations.

Je remercie ma mère, Christine Pautre, qui a eu la gentillesse de lire et corriger la syntaxe de ce projet.

Ce mémoire n'aurait jamais vu le jour sans la complicité et l'amitié que j'ai eue avec Olivier Bujold-Martin, Alexsander Meier et Mahdia Khodja. À ces trois personnes, je dis un grand merci.

Finalement, je souhaite remercier Air Canada, Lufthansa, Finnair et TAM de m'avoir transmis gratuitement par la poste leurs rapports financiers.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES v
LISTE DES TABLEAUX vi
RÉSUMÉ vii
INTRODUCTION 1
0.1 Présentation historique du secteur aéronautique et son évolution 1
0.1.1 Les débuts 1
0.1.2 La dérèglementation 3
0.1.3 Quelques chiffres 5
0.2 Les deux philosophies et l'environnement 7
0.2.1 Les deux philosophies 7
0.2.2 L'environnement 12
CHAPITRE I
MODÉLISATION DU PROBLÈME 17
1.1 Mesure de la productivité multifactorielle 17
1.1.1 Mesure standard 17
1.1.2 Représentation duale de la technologie 18
1.1.3 Indice multilatéral de productivité 19
1.2 La productivité par les réseaux et mesure de l'impact 24
CHAPITRE II
LES DONNÉES 25
2.1 Les inputs 26
2.1.1 Le travail 26
2.1.2 L'énergie 27
2.1.3 La maintenance et la quantité d'avions 29
2.1.4 Le prix et la quantité des avions 34
2.1.5 Les "autres inputs" 35

2.2 Les outputs 35
2.2.1 L'output passager 35
2.2.2 L'output fret 36
2.3 Les variables pour le test de l'impact de la philosophie aérienne sur la productivité 38
2.3.1 Indice de réseau aérien : Le *hub* et le *point to point* 38
2.3.2 Les routes aériennes 38
2.3.3 Les alliances 39
CHAPITRE III
MESURE DE L'INDICE DE PRODUCTIVITÉ 42
CHAPITRE IV
MODÈLES ÉCONOMÉTRIQUES ET RÉSULTATS ÉCONOMÉTRIQUES . . 50
4.1 Les modèles et la méthode 50
4.2 Les résultats économétriques 51
4.3 L'impact monétaire de la politique aérienne 56
CONCLUSION 58
ANNEXE 61
BIBLIOGRAPHIE 71

LISTE DES FIGURES

Figure Page

0.1 La philosophie des *hubs* 9

0.2 La philosophie des *point to point* 11

1.1 Courbes de niveau d'efficience en logarithme 22

2.1 Évolution du prix du kérosène en Amérique du Nord 28

2.2 Évolution du prix du kérosène en Europe 28

2.3 Évolution de la moyenne mondiale du prix du kérosène 29

3.1 Évolution des indices de productivité 43

3.2 Évolution de l'indice de productivité en Europe 47

3.3 Évolution de l'indice de productivité en Asie 47

3.4 Évolution de l'indice de productivité en Amérique du Nord 48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau Page

0.1 Croissance du trafic aérien 7

3.1 Le niveau de productivité des compagnies aériennes asiatiques 44

3.2 Le niveau de productivité des compagnies aériennes nord-américaines . . 45

3.3 Le niveau de productivité des compagnies aériennes européennes 46

4.1 Corrélation entre les routes aériennes et la philosphie du *point to point* . 51

4.2 Modèle 1 et modèle 2 52

4.3 L'impact monétaire du choix philosophique 57

Tableaux des statistiques descriptives (A.1 à A.9) 61

RÉSUMÉ

L'aviation civile qui est en croissance continuelle amène des enjeux stratégies diverses sur de nombreux sujets. L'étude mis en avant dans ce mémoire s'interroge sur le choix philosophique entre le *hub* et le *point to point* par les compagnies aériennes.
Afin de quantifier l'impact du choix philosophique sur le niveau de productivité des compagnies aériennes, l'indice multilatéral de productivité sera utilisé sous l'hypothèse que les vingt compagnies aériennes sur la période de 2000 à 2010 soient efficientes.
La recherche dans ce mémoire consiste à la création d'une banque de donnée, le calcul de l'indice multilatéral de productivité et de tests économétriques sur l'indice précédent.
Les résultats empiriques ont démontrés, de façon significative, que le choix philosophique du *hub* par rapport à celui du *point to point* par les compagnies aériennes est positif sur le niveau de productivité de ces dernières.

Mots clés : aviation civile, compagnie aérienne, indice multilatéral de productivité, philosophie, *hub*, *point to point*, Europe, Amérique du Nord, Asie

INTRODUCTION

0.1 Présentation historique du secteur aéronautique et son évolution

0.1.1 Les débuts

Le 17 décembre 1903, les frères Wright effectuaient le premier vol motorisé de l'histoire de l'aviation. En 1909, Louis Blériot rentre à son tour dans l'histoire en effectuant la traversée de la Manche sur un monomoteur. En mai 1927, Charles Lindbergh fut le premier homme à traverser l'océan Atlantique sans escale et seul, reliant ainsi New-York à Paris en une trentaine d'heures. Depuis cette époque, l'aviation n'a cessé de se développer avec des avions de plus en plus rapides et volants de plus en plus loin. L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) a réalisé des prévisions concernant l'évolution du secteur aéronautique civil [1]. Entre 1985 et 2005, le nombre de passagers total transportés a augmenté en moyenne par année de 4,2 %. La prévision annuelle de 2005 à 2025 est de 4,1 %. En ce qui concerne le transport des passagers uniquement au niveau international, sur la période 1985-2005, le taux de croissance annuel moyen était de 6,7 % et l'OACI prévoit un taux de 5,2 % de 2005 à 2025. Le transport des marchandises connait également une croissance soutenue. Le taux de croissance annuel moyen pour la période 1985-2005 était de 5,2 % et la prévision pour 2005-2025 est de 5,5 %. Les profits nets dans le secteur de l'aviation civile sont en moyenne à la hausse [2]. Depuis les années 1970, l'amplitude des revenus est de plus en plus élevée, autrement dit, les bénéfices nets sont croissants, mais lors des périodes connaissant des profits négatifs, ces derniers sont de plus en plus forts également à travers le temps. De 1965 à 2005, les périodes

1. Site ICAO. http ://www.icao.int/icao/en/nr/2007/pio200708_e.pdf.

2. Jiang, H., R. J. Hansman. 2006. P.3

suivantes ont connu des profits négatifs : 1980-1983, 1990-1993 et la plus importante, qui peut s'expliquer par l'évènement du 11 septembre 2001, 2001-2005. En résumé, ces chiffres démontrent une croissance significative dans le secteur de l'aviation civile.

En 1969, le constructeur américain Boeing avec le 747, se lance dans le secteur des très gros porteurs civils. Il faudra attendre près de quarante ans pour que son rival européen Airbus développe son gros porteur : l'Airbus A380-800 pouvant accueillir jusqu'à 853 passagers en classe unique [3].

Cependant, avec l'arrivée du 21$^{\text{ième}}$ siècle, alors qu'Airbus mise sur son A380, Boeing opte pour un avion ayant une capacité en terme de passagers nettement moindre (maximum 250 passagers) mais pouvant voler sur de très longues distances : le Boeing 787 Dreamliner. L'objectif de Boeing avec cet avion est de pouvoir retirer de son catalogue le moyen et le long-courrier, respectivement le Boeing 757 et le Boeing 767. Les deux principaux constructeurs d'avions, soit Boeing et Airbus, proposent dans leurs catalogues respectifs deux types d'avions pouvant parfaitement s'insérer dans le marché aéronautique indépendamment de la philosophie qu'optent les compagnies aériennes. Une philosophie de *hubs*, qui se caractérise par une plaque tournante aéroportuaire, favorise les gros porteurs tel que l'A380 d'Airbus et le B747-8i de Boeing, tandis qu'une philosophie en *point to point*, soit les routes aériennes directes sans transit, préférera des avions du type du B787 et/ou de l'A350 qui devrait faire son premier vol d'essai au courant de l'année 2012.

Cependant, afin de comprendre l'intérêt de ces philosophies, pouvant aussi être appelées "cultures" (cependant, la littérature anglaise opte pour le terme de philosophie, donc ce dernier terme sera retenu pour le reste de l'étude), il est nécessaire d'analyser la dérèglementation du secteur aéronautique. Cet événement induira de manière indirecte le développement des deux philosophies.

---

3. Site Airbus. http ://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a380family/a380-800/specifications/

0.1.2 La dérèglementation

En ce qui concerne la littérature existante dans le domaine de l'aviation civile sur le sujet de la dérèglementation, Good, Röller et Sickles (1995) ont montré l'impact positif de la dérèglementation du secteur aérien ainsi que de la privatisation des compagnies aériennes sur l'efficience de ces dernières, même si Barla et Perelman (1989) prétendent que les compagnies aériennes évoluant dans un marché réglementé sont aussi efficientes que celles évoluant dans un marché dérèglementé. Le point concernant l'idée de compagnies aériennes privées plus efficientes que les compagnies aériennes publiques (Davies, 1971), peut se révéler intéressant sur le sujet présent dans la mesure où certaines compagnies aériennes ne sont pas totalement privées, telle que la Thaï Airways International. Or cela peut influencer les résultats concernant l'efficience. Oum et Yu (1995) ont montré que sur la période 1986-1993, l'écart en termes d'efficience entre les compagnies aériennes américaines et les compagnies aériennes non américaines a diminué. Cela représente un intérêt non négligeable dans la mesure où il y a quelques dizaines d'années, les compagnies américaines étaient les plus efficientes et qu'elles évoluaient dans un marché dérèglementé contrairement à l'Europe et à l'Asie. De plus, les résultats obtenus ont révélé que les compagnies aériennes évoluant dans le même marché ou dans un marché similaire convergeaient. Par exemple, entre les compagnies aériennes américaines, la différence des niveaux d'efficience était faible.

En 1978, les États-Unis ont dérèglementé le secteur aérien américain (*The US Airlines Deregulation Act* de 1978). Cette dérégulation a eu pour conséquence une période d'instabilité synonyme de perte. En effet, la dérèglementation a amené l'arrivée de nouvelles compagnies aériennes sur le marché américain, créant ainsi une surcapacité dans un contexte de ralentissement économique. Or, d'après l'OACI, "*la théorie économique et les études analytiques montrent qu'il existe une nette corrélation entre la croissance du trafic aérien et les tendances économiques et que la demande de transport aérien est surtout conditionnée par le développement économique*[4]".

4. OACI, "*Perspectives du transport aérien d'ici à l'an 2025*", sept. 2007. Cir 313, AT/134. P.7.

Vers la fin des années 1980, les compagnies aériennes prennent conscience de l'importance de contrôler leurs dépenses. Des mesures telles que des programmes de voyageurs fréquents (*frequent-flyer programs*, en anglais) sont développées. Ces programmes permettent de fidéliser les voyageurs sur une compagnie aérienne particulière. Plus récemment, le *e-ticketing* permet la diminution du nombre d'employés au sol. Au niveau aérien, les cockpits des gros porteurs sont modifiés [5]. En effet, le Boeing 747 est dorénavant opérationnel avec un pilote et un copilote supprimant ainsi le poste du mécanicien navigant. Il en est de même pour le DC-10 du constructeur américain McDonnell Douglas qui devient le MD-11 en 1990, ayant tout comme le Boeing 747 une diminution du personnel dans le cockpit, mais en plus l'intégration de *winglets* (aussi appelés " pennes " ou " ailerettes " en français, bien que l'usage du terme anglais prévaut dans le langage aéronautique) au bout des ailes permettant ainsi de réduire la traînée générée en bout d'aile sans augmenter l'envergure de l'aile et donc de consommer moins de carburant. Même si dans un premier abord l'intégration de *winglets* peut paraître insignifiante, il est important de comprendre que depuis les années 1990, les compagnies aériennes aspirent en des avions de moins en moins énergivores, d'où l'apparition d'avions constitués de plus en plus en matière composite.

Même si la compétition aérienne mondiale s'est développée grâce à la dérèglementation poussant ainsi les compagnies aériennes à augmenter leurs productivités (Windle, 1991), il existe cependant des différences entre les différents continents. En effet, alors que le marché américain est dérèglementé en 1978, le marché européen ne commence à être dérèglementé que dix ans plus tard pour être achevé en 1997 (Inglada, Rey, Rodríguez-Alvarez et Coto-Millan, 2005). Au début des années 1980, Windle montre dans son étude que les compagnies aériennes européennes ont des coûts 10,5 % plus élevés par rapport aux compagnies américaines. "*La privatisation des compagnies aériennes européennes*

---

5. Vasigh, B., K. Fleming, T. Tacker. "Introduction to Air Transport Economics : from theory to applications". 2008. *Edition Ashgate*. P.8.

possédées par les gouvernements pourrait éliminer cette différence[6]". Le marché asiatique est quant à lui lié par des accords bilatéraux très restrictifs. Cependant avec le développement des alliances entre l'Europe et l'Amérique du Nord, le marché asiatique tend à se libéraliser, ce qui se traduit par la création de différentes compagnies aériennes faisant ainsi concurrence aux compagnies aériennes monopolistiques des États asiatiques dans le marché asiatique (Inglada, Rey, Rodríguez-Alvarez et Coto-Millan, 2005).

En 2005, l'étude d'Inglada *et al.* sur vingt compagnies aériennes dont quatre asiatiques (Cathay Pacific, Singapore Airlines, Japan Airlines et Korean Airlines), a démontré que malgré le retard des compagnies aériennes asiatiques en termes de libéralisation du marché aéronautique en Asie, elles se classaient parmi les quatre premières en termes d'efficience économique et technologique. Le haut niveau d'efficience de ces compagnies aériennes peut s'expliquer grâce à un marché du travail flexible ainsi que par un système de réservation (*computer reservation system*, en anglais) nettement plus performant que dans le marché européen et nord-américain.

De nos jours, il est possible de mettre en avant que les compagnies aériennes tendent à évoluer dans un marché similaire. En effet, les compagnies aériennes utilisent les mêmes technologies dans la mesure où il existe un nombre limité de types d'avions. De plus, les deux principaux intrants, soit les avions et le carburant, s'achètent dans un marché mondial. (Windle, 1991). Cependant, même si le secteur aéronautique est en voie d'être totalement dérèglementé et privatisé, il est cependant important de mentionner qu'il existe une multitude de réglementations limitant ou contraignant les compagnies aériennes pouvant ainsi avoir un impact sur le choix de la philosophie d'une compagnie aérienne.

0.1.3 Quelques chiffres

Dans un premier temps, il est intéressant de voir l'évolution du trafic international de passagers et de fret par secteur géographique. D'après l'OACI, la part du nombre

---

6. Windle, Robert J. "The World's Airlines : A cost and productivity comparison". Jan. 1991. *Journal of Transportation Economics and Policy.* P.47

de passagers-kilomètres entre 1985 et 2005 a augmenté pour les compagnies aériennes européennes, asiatiques/pacifiques et du Moyen-Orient, passant respectivement de 36,4 % à 39,4 %, de 25,5 % à 28,3 % et de 6 % à 6,9 %, alors que les compagnies aériennes nord-américaines voient leur part du marché passer de 21,1 % à 17,7 %. En ce qui concerne le fret, le partage des tonnes-kilomètres est en faveur de l'Amérique du Nord (16,5 % en 1985 et 18,3 % en 2005), de l'Asie/Pacifique (29,2 % en 1985 et 38 % en 2005) et du Moyen-Orient qui gagne 1,2 point de pourcentage en passant de 6,2 % à 7,4 % alors que la part de l'Europe passe de 39,4 % à 31,2 % [7].

Les trois zones géographiques qui nous intéressent, soient l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie/Pacifique (incluant le Moyen-Orient avec la compagnie aérienne des Emirats Arabes Unis, Emirates Airlines) ont des caractéristiques différentes qui jouent sur le nombre de vols intérieurs versus le nombre de vols internationaux. En effet, l'Amérique du Nord regroupant le Canada et les États-Unis, deux grands pays, ont en 2005, 29,1 % des vols qui sont à destination de l'étranger. L'OACI prévoit pour 2025, un accroissement de ce pourcentage qui devrait atteindre 38 %. L'Europe qui englobe une multitude d'États de petite ou moyenne taille, voit un trafic international en 2005 de 86,1 % des vols totaux qui passera en 2025 à 92,5 %. La région asiatique/pacifique opère des vols pour l'étranger à hauteur de 64,3 % (en 2005) et 70 % en 2025. Finalement, le Moyen-Orient a des chiffres proches de l'Europe dans la mesure où en 2005, 90,2 % des vols étaient à destination de l'étranger. La prévision est qu'en 2025, 92,3 % des départs seront des vols internationaux [8]. À travers les chiffres précédents, il y a cependant un aspect qu'il faut prendre en considération. En effet, le Canada qui a une grande superficie se voit doter de vols long-courriers intérieurs (exemple, un vol Halifax-Vancouver) alors que l'Europe avec ces petits territoires a une multitude de vols court-courriers mais internationaux (exemple, un vol Londres-Genève).

Le tableau suivant résume l'évolution et les prévisions établies par l'OACI du secteur aéronautique de 1985 à 2025. Les données des années 1985 et 2005 sont des chiffres réels

---

7. OACI, "Perspectives du transport aérien d'ici à l'an 2025". Sept. 2007. *Cir 313, AT/134*. P.11.

8. *Ibid.* P.4.

tandis que les données pour 2025 sont des prévisions. De manière identique, les taux de croissance annuel moyen sur la période 1985-2005 sont les vrais taux de croissance alors que le taux de croissance sur la période 2005-2025 est une prévision.

Tableau 0.1 Croissance du trafic aérien

	1985	**2005**	**2025**	**Taux de croissance annuel moyen (en %)**	
				1985-2005	**2005-2025**
TOTAL (passagers-kilomètres en milliards)					
Amérique du Nord	567,4	1 334,5	2 690	4,4	3,6
Asie et Pacifique	222,3	967,4	2 980	7,6	5,8
Europe	428,2	1 004,9	2 350	4,4	4,3
Moyen-Orient	42,7	168,9	520	7,1	5,8
INTERNATIONAL (passagers-kilomètres en milliards)					
Amérique du Nord	124,5	389,2	1 020	5,9	4,9
Asie et Pacifique	150,3	622,5	2 100	7,4	6,3
Europe	214,4	865,9	2 160	7,2	4,7
Moyen-Orient	35,1	152,5	480	7,6	5,9

Source : OACI, « *Perspectives du transport aérien d'ici à l'an 2025* », sept. 2007. Cir 313, AT/134. P.4.

0.2 Les deux philosophies et l'environnement

0.2.1 Les deux philosophies

En ayant pris connaissance de l'évolution du secteur aéronautique jusqu'à aujourd'hui, il est possible de mettre en avant deux différentes philosophies qui sont le *hub* et le *point to point*. Le premier consiste en la création et/ou aménagement d'une plaque tournante

du transport aérien pour une compagnie aérienne tandis que le second se base sur une idéologie de vols directs entre deux aéroports.

Cependant, une compagnie aérienne peut intégrer les deux types de philosophies et donc, autrement dit, dans la réalité ce n'est pas un système dichotomique. Par contre, à des fins de simplification et par une logique géographique et structurelle au moment de cette étude, les trois secteurs géographiques, soit l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie, seront caractérisés dans une philosophie unique. En effet, l'Amérique du Nord à travers son vaste territoire développé et par une concurrence relativement intense entre les compagnies aériennes ainsi qu'une certaine idéologie de consommation qui se répercute dans l'aviation civile, c'est-à-dire la possibilité d'aller à sa destination le plus rapidement possible et au moment souhaité, amène les compagnies aériennes nord-américaines à mettre en place un système de vols directs à différents moments de la journée. De ce fait, l'Amérique du Nord sera considérée comme évoluant dans un système *point to point*. Alors que les compagnies aériennes européennes, même si dans une certaine mesure au sein de l'Europe il est possible de parler de philosophie *point to point*, ont cependant une vision essentiellement basée sur le *hub* au niveau des vols internationaux vers l'extérieur de l'Europe à cause de la taille moyenne voire petite des États européens en terme de superficie. L'Asie, tout comme l'Europe, est considérée comme évoluant dans un système de *hub*. Certains États asiatiques tels que Singapour, la Malaisie, Taiwan ou encore la Corée du Sud peuvent s'apparenter aux États européens par leur taille moyenne, tandis que d'autres tels que la Chine par sa superficie pourrait plus ressembler aux États-Unis. Cependant, la Chine par son niveau de développement actuel, peut être considérée plus comme évoluant dans un système caractérisé de *hubs* pour les vols internationaux. Ces *hubs* en question sont Hong Kong, Beijing et Shanghai. De ce fait, l'Asie de manière générale sera considérée dans la philosophie de *hub*.

0.2.1.1 Les *Hubs*

La philosophie des *hubs* au niveau européen et asiatique est schématiquement la suivante : partir avec un court-courrier d'un aéroport de taille moyenne vers le *hub* le plus

proche. Par *hub*, il faut entendre que cela représente une plaque tournante en ce qui concerne le transport aérien. Autrement dit, tous les grands aéroports internationaux représentent dans une certaine mesure des *hubs*. Depuis ce *hub*, les passagers embarquent dans des gros porteurs de type A380 pour aller vers un autre *hub*. Finalement, si cela est nécessaire, les passagers peuvent reprendre un court-courrier vers un petit ou moyen aéroport.

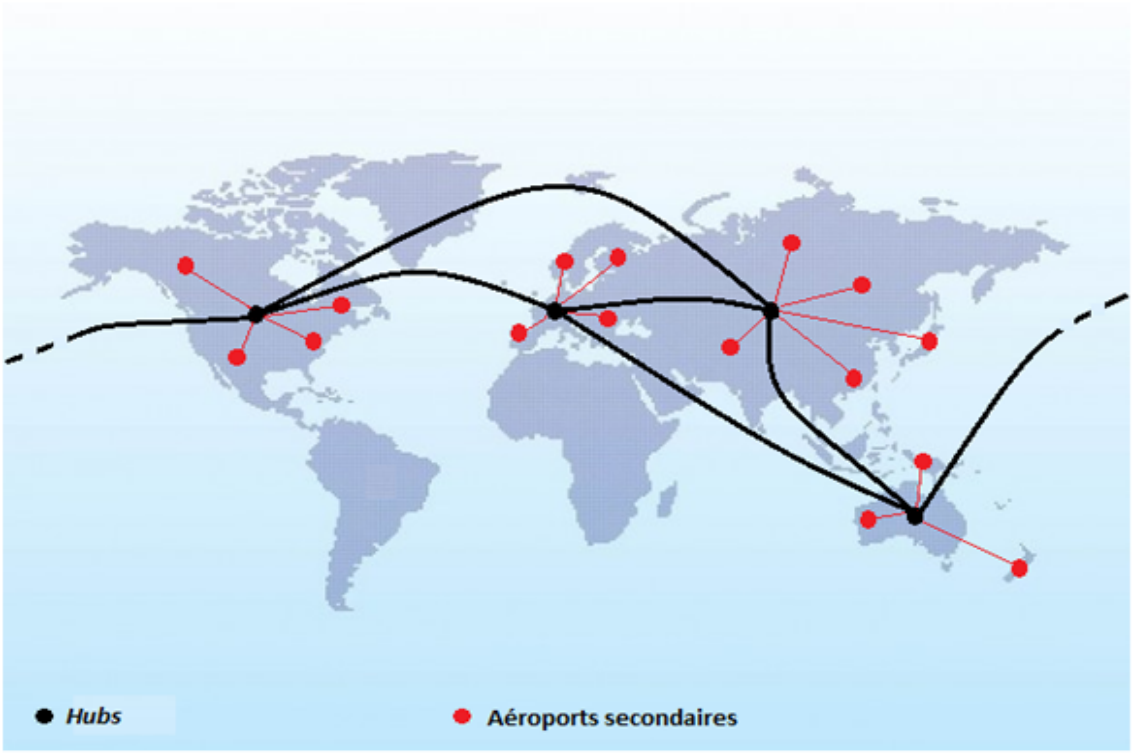


Figure 0.1 La philosophie des *hubs*

Si la vision européenne/asiatique se généralise, il sera possible d'établir des *hubs* à travers le monde travaillant ensemble. L'idée est que le passager une fois rentré dans la "bulle de sécurité", en sortira qu'à son arrivée malgré les transits. Comparativement à la vision américaine, sur ce fait les européens et les asiatiques verront leurs coûts en terme de douanes, de sécurité, etc., diminuer contrairement aux américains qui verront leur coûts augmenter s'ils continuent d'accroître le trafic aérien entre des aéroports de tailles moyennes. De plus, cela représente un risque supplémentaire en ce qui concerne

la sécurité dans la mesure où plus il y a des accès à la bulle de sécurité, plus le risque de compromettre cette sécurité augmente.
Les compagnies aériennes européennes, asiatiques et océaniques avec Qantas, voient à travers les *hubs* et donc à travers l'utilisation de gros porteurs une solution à l'encombrement aérien et à une demande continuellement croissante en termes de passagers. Par exemple, Air France envoyait jusqu'à quatre avions par jour à Montréal. Avec l'acquisition de l'A380 par Air France, ce dernier envoie dorénavant trois avions. En ce qui concerne Singapore Airlines, la compagnie Singapourienne envoyait deux avions par jour à Zürich alors qu'aujourd'hui ce dernier envoie uniquement un A380 quotidiennement. Cet avion pourrait être la solution à l'encombrement aérien dans la mesure où il est courant que des avions doivent attendre près d'une heure avant de pouvoir décoller à cause du trafic aérien de plus en plus dense entre l'Europe et le continent nord-américain.

0.2.1.2 Le *Point to Point*

La philosophie du *point to point* se base sur le principe de trajets entre aéroports de tailles différentes (régional, international) vers d'autres aéroports de tailles différentes. Autrement dit, il est possible de voir des lignes entre des aéroports régionaux, régionaux et internationaux, etc.

De plus, la culture américaine, par rapport à l'aviation civile, est d'offrir un maximum de disponibilités horaires. Autrement dit, le but des compagnies aériennes américaines est d'augmenter le nombre de rotations journalières entre deux destinations. Ce système a souvent pour conséquence d'avoir des avions moyennement remplis. En guise de faits stylisés montrant cette théorie, il est possible de mettre en avant le taux d'occupation des quatre avions détournés le 11 septembre 2001. Le vol American Airlines 11 et le vol United Airlines 175 au départ tous les deux de Boston pour Los Angeles sur des Boeing 767 pouvant accueillir plus de 200 passagers avaient respectivement un taux d'occupation de 40,5 % et de 28 %. Le vol American Airlines 77 au départ de Washington-Dulles pour Los Angeles et le vol United Airlines 93 au départ de New-York (Newark) pour San Francisco, sur des Boeing 757 pouvant accueillir 178 passagers, avaient respective-

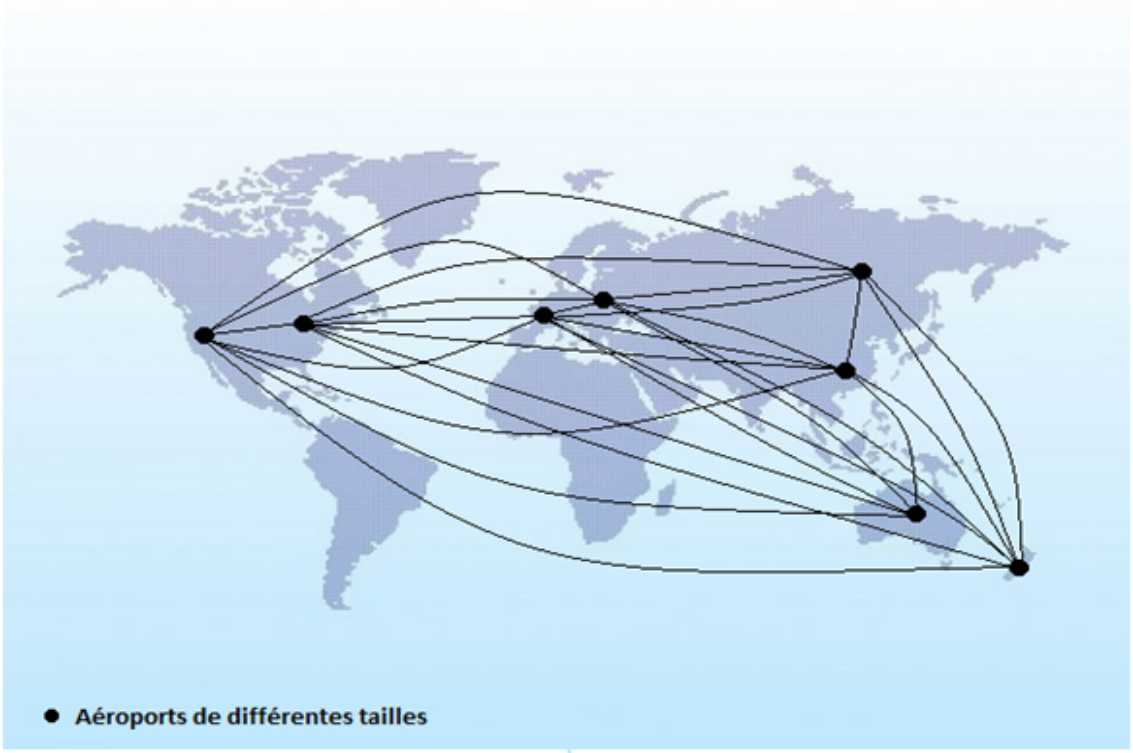


Figure 0.2 La philosophie des *point to point*

ment un taux d'occupation de 32,6 % et de 20,8 %[9]. L'intérêt des avions du type B787 ou A350 dans la philosophie du *point to point* où le taux d'occupation des avions est relativement faible, est sa faible consommation en carburant. En effet, le Boeing 787 consomme jusqu'à 20 % de moins que les moyens-courriers ayant deux couloirs, tel que le Boeing 767[10]. En ayant un avion moins énergivore, il est possible de développer la philosophie du *point to point* c'est-à-dire des vols supplémentaires sur un même trajet et/ou le développement de nouvelles lignes au niveau intérieur dans le cas des États-Unis mais aussi au niveau international. Autrement dit, il serait tout à fait possible de voir la création de lignes directes telles que Phœnix (en Arizona) vers Malaga en Espagne,

9. Les calculs proviennent indirectement de Wikipedia, où j'ai récupéré le nombre de passagers sur ces quatre vols afin de calculer le taux d'occupation via les capacités de ces deux types d'avions.

10. Provenant du site officiel de Boeing. http ://www.boeing.com/commercial/pdf/BCA_backgrounder.pdf

à condition que la ligne soit rentable. En prenant en considération des avions de moins en moins énergivore, le taux d'occupation nécessaire à la rentabilité de la ligne serait de plus en plus faible.

L'avantage de cette philosophie pour les passagers se résume par une diminution du nombre d'heures passées en avion [11] ainsi que la disparition des transits si cette philosophie est poussée à l'extrême.

À la lumière de ces deux philosophies auquelles les compagnies aériennes doivent prendre en considération dans leur stratégie respective, la présente étude a pour but de déterminer l'impact du choix philosophique par les compagnies aériennes sur les niveaux de productivité de ces dernières.

0.2.2 L'environnement

0.2.2.1 L'enjeu des aéroports

L'OACI dans son document de septembre 2007, "*Perspectives du transport aérien d'ici à l'an 2025*", fait référence à l'encombrement des aéroports et de l'espace aérien. Durant les années 1980, le nombre de passagers a augmenté de plus de 50 %, tandis que le nombre de départs d'avions a, quant à lui, augmenté de 35 %. Ces croissances ont abouti à un encombrement aéroportuaire et aérien. Grâce à différentes mesures et à un ralentissement économique, les aéroports, au début des années 1990, n'ont pas souffert d'encombrement. Cependant, lors de la deuxième partie de cette décennie, les aéroports et l'espace aérien furent à nouveau saturés. Saturation qui cessa suite à un nouveau ralentissement économique accentué par les événements du 11 septembre 2001. Ces deux phénomènes combinés ensemble, ont ralenti de cinq ans la croissance du trafic aéroportuaire [12]. Toutefois, aujourd'hui les aéroports et l'espace aérien sont de nouveau saturés et le secteur aéronautique doit trouver des solutions afin de soulager les aéroports

---

11. De Bosset, A., J. Fenner, G. Matthey, O. Thommen. 2007. P.8.

12. OACI, "Perspectives du transport aérien d'ici à l'an 2025". Sept. 2007. *Cir 313, AT/134*. P.18.

du monde entier.

Les différentes mesures proposées par l'OACI sont d'une part d'accroître le nombre de pistes. Cependant, cette mesure est souvent irréalisable. En effet, certain aéroports n'ont pas l'espace nécessaire pour une telle modification où il existe des contraintes réglementaires, politiques voire environnementales. Il existe également des contraintes financières souvent liées à la complexité des nouveaux aéroports. En guise d'exemple, l'aéroport du Kansai à Osaka au Japon fut entièrement construit sur l'eau, ce qui implique un problème financier disproportionné dans la mesure où l'ajout d'une piste supplémentaire signifie la création d'une île supplémentaire.

Mise à part l'agrandissement d'un aéroport, l'OACI met en avant plusieurs procédures afin de diminuer l'encombrement. Au niveau des pistes, l'organisation onusienne propose de réduire le temps d'attente minimum entre deux décollages d'avion. Elle préconise également d'augmenter le nombre d'accès aux pistes permettant ainsi à un avion atterrissant de pouvoir sortir de la piste plus rapidement. Au niveau des aérogares, l'objectif qu'elle impose aux aéroports pour les vols internationaux et dans un contexte normal, est l'acheminement des passagers de l'avion à la sortie du terminal en moins de 45 minutes [13].

L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale compte également sur le développement constant en Europe et au Japon de trains à grande vitesse permettant ainsi de réduire le trafic aérien. De plus, il devient de plus en plus fréquent d'utiliser les aéroports secondaires des grandes villes. Même si cela désencombre les aéroports, l'ATC (*Air Traffic Control*) doit cependant gérer de plus en plus d'avions.

Les deux philosophies à leur manière, participent à la résolution du problème. Les *hubs* avec l'utilisation généralisée de gros porteurs permettent la diminution du trafic aérien au niveau aéroportuaire tout comme le *point to point* qui indirectement fait diminuer le trafic aérien au niveau des aéroports déjà encombrés par la répartition des vols sur une multitude d'aéroports de taille moins conséquente. En ce qui concerne le trafic aérien, de nouveau, l'utilisation de gros porteurs fera diminuer le nombre d'avions sur les routes

---

13. OACI, "Perspectives du transport aérien d'ici à l'an 2025". Sept. 2007. *Cir 313, AT/134*. P.19.

aériennes tandis qu'au premier abord le *point to point* ne serait pas une solution. Cependant, un système plus élaboré que le TCAS pourrait être mis en place permettant ainsi le concept de *free flight*. À la base, le TCAS (*Traffic alert and Collision Avoidance System*, soit, en français, le système d'alerte de trafic et d'évitement de collision) est un instrument embarqué dans les avions qui évite les collisions entre deux appareils en vol en ordonnant aux pilotes, par l'intermédiaire d'alarmes sonores et vocales, de monter pour l'un des appareils et la descente pour l'autre. Grâce à ce genre de technologie, les couloirs aériens pourraient être en voie de disparition alors que le concept de *free flight* (littéralement, "vol libre" en français) se développerait. Le *free flight* consiste dans le fait de pouvoir aller d'un aéroport à un autre, en vol direct et en toute sécurité vis-à-vis des collisions, dans la mesure où les appareils via leur système TCAS, seront continuellement en communication. De ce fait, le *point to point*, synonyme d'augmentation du nombre d'avions en vol, ne devrait pas être un problème, sans compter l'économie de kérosène dans la mesure où les avions ne feront plus de détour.

0.2.2.2 Les législations

Le secteur aéronautique est un milieu constitué de nombreuses législations, qu'elles soient étatiques ou privées, les compagnies aériennes doivent les prendre en considération dans leur stratégie.

Bien que dans cette présente étude, la législation ne soit pas prise en considération à des fins de simplification dues à la difficulté de les intégrer dans le modèle et surtout à cause du nombre important de législations qu'il aurait fallu prendre en considération, et cela de manière générale, régionale et locale.

Afin de montrer la difficulté du problème, trois exemples de législation seront mis en avant. Dans un premier temps, au niveau général, il est possible de parler de la certification ETOPS (*Extended-range Twin-engine Operation Performance Standards*) de l'OACI. Cette certification s'adresse aux bimoteurs. En effet, ces derniers contrairement aux triréacteurs et quadriréacteurs doivent montrer une certaine capacité à être opérés sur un seul moteur en cas de panne et de pouvoir relier un aéroport en un certain temps.

Par exemple, un bimoteur avec la certification ETOPS 120 doit être en mesure de relier un aéroport de déroutement en moins de deux heures. Ces différentes certifications peuvent influencer le choix d'avions chez une compagnie aérienne indépendamment de son lieu géographique et des routes qu'elle souhaite opérer. Le choix d'utilisation du terme route par rapport à ligne se justifie ; bien que les deux termes soient synonymes, le terme de ligne a une connotation commerciale contrairement au terme de route ayant une connotation technique.

Depuis le premier janvier 2012, l'Union Européenne a mis en place une taxe carbone sur les compagnies aériennes opérant dans l'espace de l'Union Européenne et ce quelque soit la nationalité de ces dernières. Cette taxe demande aux compagnies aériennes de racheter 15 % de leurs émissions de dioxyde de carbone [14]. Suite à cette mise en place de la taxe, une compagnie aérienne chinoise soutenue par le gouvernement chinois a suspendu sa commande de 35 A330 et de 10 A380 auprès d'Airbus en guise de représailles [15]. Ce genre de législation régionale peut influencer le choix de leur stratégie aéronautique. Un autre exemple de l'impact européen sur l'aviation est celle de la Commission Européenne des Transports qui est également contraignante vis-à-vis des transporteurs aériens dans la mesure où elle a élaboré une liste des compagnies aériennes qui font l'objet d'une interdiction d'exploitation dans l'Union Européenne y compris dans la Confédération Suisse pour non-respect des normes de sécurité des aéronefs [16].

Finalement, une législation locale peut également avoir un impact important sur une stratégie. En 1997, la société Unique gérant l'aéroport international de Zurich-Kloten en Suisse, "*a été la première au monde à introduire une taxe d'atterrissage liée aux émissions. Ce système incite les compagnies aériennes à desservir Kloten avec des*

---

14. Le Monde. http ://www.lemonde.fr/planete/article/2012/03/11/des-compagnies-aeriennes-s-allient-contre-la-taxe-carbone_1656216_3244.html. Vu le 14.03.12 à 14h47.

15. Aljazeera. http ://www.aljazeera.com/business/2012/03/2012397256916215.html. Vu le 14.03.12 à 14h53.

16. Commission Européenne des Transports. http ://ec.europa.eu/transport/air-ban/list_fr.html

avions modernes, donc relativement moins polluants[17]". La compagnie aérienne helvétique Swiss International Airlines a opté pour une flotte relativement jeune. En effet, cette dernière a commandé 30 CSerie auprès de Bombardier en remplacement de ses vieux Avro RJ100.

17. Office fédéral de l'environnement (OFEV). "*Comment juguler les envols d'oxydes d'azotes*". 2007. P.2.

CHAPITRE I

MODÉLISATION DU PROBLÈME

1.1 Mesure de la productivité multifactorielle

1.1.1 Mesure standard

En économie industrielle, l'efficience est représentée par toutes les combinaisons inputs/outputs se situant sur la frontière définie par la maximisation suivante : $y_t = \max_{y_t} \{y_t : (x_t,\ y_t) \in S_t\} = f(x_t,\ t)$, où $f(x_t,\ t)$ est la fonction de production, x_t est le vecteur des inputs au temps t, y_t sont les outputs au temps t et S_t représente les possibilités de production au temps t.

Le calcul de la productivité se fait via le changement technologique. Ce dernier, en temps continu est représenté par l'égalité suivante : $\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\partial lnA}{\partial t}$. En temps discret, le changement technologique est mesuré par l'Approximation de Törnqvist de l'indice de Divisia :

$$\begin{aligned} \frac{\dot{A}}{A} &\approx \frac{y_{t+1} - y_t}{y_t} - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left\{\frac{w_{t+1}x_{t+1}}{R_{t+1}} + \frac{w_t x_t}{R_t}\right\}\frac{x_{it+1} - x_{it}}{x_{it}} \\ &\approx \ln\left\{\frac{y_{t+1}}{y_t}\right\} - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left\{\frac{w_{t+1}x_{t+1}}{R_{t+1}} + \frac{w_t x_t}{R_t}\right\}\ln\left\{\frac{x_{it+1}}{x_{it}}\right\} \end{aligned} \tag{1.1}$$

où A (en temps discret et continu) représente un indice de positionnement de la frontière technologique, y est la quantité d'output, w est le prix de l'input, x est la quantité de l'input et R est le revenu de la firme. L'indice de productivité, quant à lui, est

l'exponentiel de l'intégrale du taux de croissance de la productivité :

$$\exp \int_t^{t+T} \frac{\dot{A}}{A} dt = \exp \int_t^{t+T} \frac{d \ln A}{dt} dt = \exp \left\{ \ln \frac{A(t+T)}{A(t)} \right\} = \frac{A(t+T)}{A(t)} \tag{1.2}$$

La substitution du taux de croissance de A dans cette intégrale résulte en un ratio d'extrants sur les intrants : $\frac{g(y_1,..., y_m)}{h(x_1,..., x_n)}$, où la fonction g représente un agrégat des extrants et la fonction h est l'agrégat des intrants. On peut voir ce résultat comme la création de deux fonctions agrégatives. Intuitivement, cet indice de productivité généralise la notion de ratio output/input valide dans le cas à un output et un input.

Dans le cas d'une firme, l'indice de productivité s'obtient à partir d'une mesure de la productivité à un moment donné et du changement de productivité. On compare une même firme à deux moments différents. Quand on veut comparer deux entreprises, la démarche est identique : on choisit une firme pour une année donnée et on lui attribue une valeur pour sa productivité et on mesure la distance entre elle et une autre entreprise, quelque soit l'année, ou encore la même entreprise à un autre moment. Pour y arriver, il faut généraliser l'indice de Solow. On obtient ainsi un indice multilatéral de productivité.

1.1.2 Représentation duale de la technologie

La productivité d'une compagnie aérienne est déterminée par sa technologie. Cependant, le concept technologique est difficilement observable dans la réalité. Il est possible de trouver une alternative permettant ainsi de déterminer le niveau de technologie propre à une compagnie aérienne. En économique, grâce à la théorie de la dualité (voir, par exemple, Varian, 1992), il existe une relation directe entre la technologie et la demande des facteurs de production qui, contrairement à la technologie, est quant à elle mesurable. En utilisant une fonction de coût variable, il est possible d'établir la productivité d'une compagnie aérienne par année. Toutefois, l'utilisation de la fonction de coût nous oblige à obtenir pour chacun des inputs, variables et quasi-fixes, le prix et la quantité alors que le recours à la fonction de production ne requiert que la connaissance des quantités.

Pour cette raison, nous opterons pour la représentation primale quitte à mesurer la technologie de façon indirecte via des indices de type Solow.

1.1.3 Indice multilatéral de productivité

Dans le cas du présent mémoire, l'utilisation d'un indice multilatéral est nécessaire dans la mesure où la banque de données intègre plusieurs extrants sur un horizon de dix ans et sur vingt différentes compagnies aériennes.

Dans les années 1900, les économistes commencèrent à s'intéresser sérieusement à la notion d'indices permettant de pouvoir comparer la productivité d'une compagnie par rapport à une autre pour une année en particulier mais également à travers un horizon de temps. Cependant, à l'heure actuelle aucun indice n'est parfait. Chaque type d'indice a ses caractéristiques en termes de force et de faiblesse.

L'indice choisi est celui développé par Caves, Christensen et Diewert dans les années 1980 : l'indice multilatéral de productivité. Cet indice peut " *être utilisé pour les séries chronologiques ainsi que des comparaisons en coupe et pour des combinaisons de séries chronologiques et des données transversales*[1]". Cependant, il est nécessaire de faire l'hypothèse, que toutes les compagnies aériennes étudiées sont efficientes.

Le point de départ est une représentation de la technologie. Nous utiliserons une fonction de production multi-outputs $F(x, k, y, t) = 0$. L'hypothèse d'efficience est introduite en supposant que la firme se situe sur la frontière d'où le signe d'égalité.

Puis nous supposons que la technologie est de type Translog, c'est-à-dire une expansion de Taylor de deuxième ordre après transformation logarithmique des variables (voir Christensen, Jorgenson et Lau, 1973, Jorgenson et Lau, 1975). Cette fonction est flexible en ce sens qu'elle n'impose aucune restriction *a priori* sur les caractéristiques technolo-

---

1. Caves, D. W., L. R. Christensen, W. E. Diewert (1982). "Multilateral comparisons of output, input, and productivity using superlative index numbers". *The Economic Journal*, Vol. 92, No. 365. P.75

giques (Diewert, 1976, Lau, 1982). Dans notre cas, cette fonction s'écrit [2] :

$$\alpha_0^s + \sum_i^I \alpha_i^s \ln Y_i^s + \sum_n^N \beta_n^s \ln X_n^s + \frac{1}{2}\sum_i^I \sum_j^I \alpha_{ij} \ln Y_i^s \ln Y_j^s$$
$$+\frac{1}{2}\sum_n^N \sum_m^N \beta_{nm} \ln X_n^s \ln X_m^s + \sum_i^I \sum_n^N \xi_{in} \ln Y_i^s \ln X_n^s = 1 \qquad (1.3)$$

où X^S est un vecteur d'input, Y^S est un vecteur d'output, s est une entité économique et $\alpha_{ij} = \alpha_{ji}$ et $\beta_{ij} = \beta_{ji}$. On suppose des rendements d'échelle constants, d'où ces différentes restrictions sur l'équation (1.3) : $-\sum_i^I \alpha_n^s = \sum_n^N \beta_n^s = 1$ pour s = 1,..., S, $\sum_i^I \alpha_{ij} = 0$ pour j = 1,..., I, $\sum_n^N \beta_{nm} = 0$ pour m = 1,..., M, $\sum_n^I \xi_{in} = 0$ pour n = 1,..., N, $\sum_n^N \xi_{in} = 0$ pour i = 1,..., I.

Caves *et al.* (1982) montrent que dans ce cas, on peut définir un indice multilatéral d'outputs s'écrivant [3] :

$$\ln Y_f - \ln Y_j = \sum_i \frac{1}{2}(R_{if} + \overline{R_i}) \ln\left(\frac{Y_{if}}{\tilde{Y_i}}\right) - \sum_i \frac{1}{2}(R_{ij} + \overline{R_i}) \ln\left(\frac{Y_{ij}}{\tilde{Y_i}}\right) \qquad (1.4)$$

où Y_f (resp. Y_j) est l'indice d'extrants agrégés pour la compagnie aérienne f (resp. j), Y_{if} est l'extrant de type i pour la compagnie aérienne f, R_{if} est la part du revenu de l'extrant i pour la compagnie aérienne f. $\bar{R}_i$ est la moyenne arithmétique des parts de l'extrant i sur l'ensemble des observations (firmes et années) et $\tilde{Y_i}$ est la moyenne géométrique de l'extrant i sur l'ensemble des observations. Cet indice a été utilisé dans le cas de l'industrie du transport aérien par Windle (1991).

De la même façon, il est possible de définir un indice multilatéral d'inputs comparant

---

2. Caves, D. W. et al. (1982). "Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers". *The Economic Journal*. P.75

3. Windle, Robert J. (1991) "The World's Airlines : A cost and productivity comparison". *Journal of Transportation Economics and Policy*. P.35.

les intrants des compagnies aériennes j et f :[4]

$$\ln X_f - \ln X_j = \sum_i \frac{1}{2}(W_{if} + \overline{W_i}) \ln\left(\frac{X_{if}}{\tilde{X}_i}\right) - \sum_i \frac{1}{2}(W_{ij} + \overline{W_i}) \ln\left(\frac{X_{ij}}{\tilde{X}_i}\right) \tag{1.5}$$

où X_f (resp. X_j) est l'indice d'intrants agrégés pour la compagnie aérienne f (resp. j), X_{if} est l'intrant i de la firme f et W_{if} est la part de l'intrant i dans les coûts, $\bar{W}_i$ est la moyenne arithmétique des parts de l'intrant i sur l'ensemble des observations et $\tilde{X}_i$ est la moyenne géométrique de l'intrant i sur l'ensemble des observations. La productivité multifactorielle (*Total factor productivity* ou TFP en anglais) d'une firme f est donnée par le ratio de l'indice d'output sur celui d'input ($TFP_f = Y_f/X_f$). La différence entre la productivité d'une firme f et celle de la firme j est donc (sous forme logarithmique) [5] :

$$\ln TFP_f - \ln TFP_j = (\ln Y_f - \ln Y_j) - (\ln X_f - \ln X_j) \tag{1.6}$$

Telle quelle, la formule (1.6) est identique à la formule de Solow. Il s'agit de la différence en logarithme entre un indice d'outputs et un indice d'inputs. Dans les deux cas, les indices sont des sommes pondérées des divers outputs et inputs. Toutefois, la base de pondération est différente selon que l'on utilise l'indice de Solow ou la généralisation de Caves *et al.* Solow utilise uniquement les pourcentages de revenu (pour les outputs) et de dépenses (pour les inputs) d'une même firme alors que la généralisation de Caves *et al.* corrigent ces pourcentages pour introduire les pourcentages des firmes représentatives. Par exemple, la pondération de Solow pour chaque revenu i est :

$$\frac{1}{2}\left(R_{it} + R_{it+1}\right)$$

---

4. Windle, Robert J. (1991) "The World's Airlines : A cost and productivity comparison". *Journal of Transportation Economics and Policy.* P.35.

5. *Ibid.*

où R_{it} est le pourcentage des revenus de l'output i au temps t ou $t+1$ (pour une seule et même firme), alors que Caves *et al.* utilisent :

$$\frac{1}{2}\left[\left(\frac{R_{if}}{\sum R_{if}}\right)+\left(\frac{\overline{R}_i}{\sum \overline{R}_i}\right)\right]$$

où R_{if} est le pourcentage de revenus de l'output i de la firme-année f et $\overline{R}_i$ est la moyenne des pourcentages de revenu de l'output i calculée sur toutes les firmes-années. La différence ici est que Solow compare la firme à elle-même alors que Caves *et al.* compare chacune des firmes à une firme moyenne. Cette généralisation permet de comparer une firme par rapport à elle-même à deux moments données ainsi que deux firmes différentes, à un même moment ou à des moments différents.

L'équation 1.6 et indirectement les équations 1.4 et 1.5 seront utilisées pour déterminer l'indice multilatéral de productivité des compagnies aériennes.

Supposons un certain niveau d'efficience pour la compagnie aérienne Air France en 2010 et en 2005 et un niveau d'efficience pour la compagnie aérienne américaine American Airlines en 2005, où les niveaux d'efficience sont caractérisés tels que présentés dans la figure 1.1.

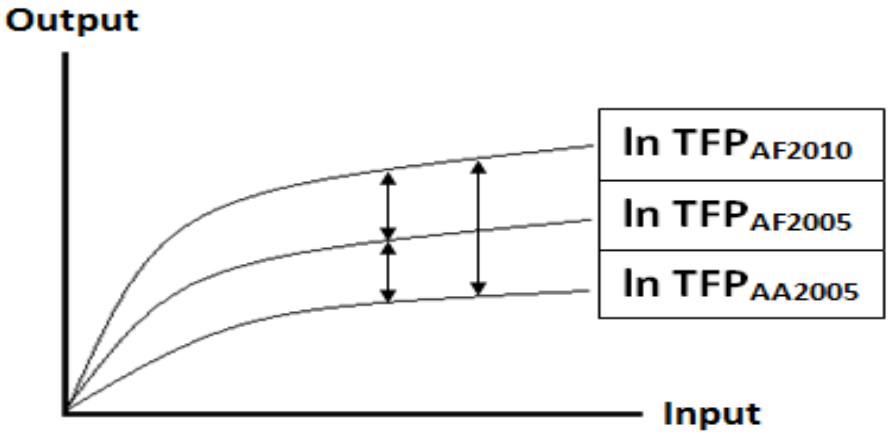


Figure 1.1 Courbes de niveau d'efficience en logarithme

D'après la figure 1.1, la différence de productivité entre Air France en 2010 et American

Airlines en 2005 devrait être égale à la productivité d'Air France en 2010 moins la différence de productivité entre Air France en 2010 et Air France en 2005 et moins la différence de productivité entre Air France en 2005 et American Airlines en 2005. Si l'hypothèse d'efficience pour toutes les compagnies aériennes et pour chaque année n'est pas faite, alors, lorsqu'on compare les niveaux de productivité sous forme logarithme, nous obtenons le résultat suivant :

$$\ln TFP_{AF_{2005}-AA_{2005}} \neq \ln TFP_{AF_{2010}-AA_{2005}} - \ln TFP_{AF_{2010}-AF_{2005}} \tag{1.7}$$

où $lnTFP_{AF_{2005}-AA_{2005}}$ représente la différence en logarithme de productivité d'Air France en 2005 et d'American Airlines en 2005. De manière identique, $lnTFP_{AF_{2010}-AA_{2005}}$ représente la différence en logarithme de productivité d'Air France en 2010 et d'American Airlines en 2005 et $lnTFP_{AF_{2010}-AF_{2005}}$ représente la différence en logarithme de productivité d'Air France en 2010 et d'Air France en 2005.

Par contre, en définissant les extrants d'une compagnies aérienne f par rapport aux extrants de toute les compagnies aériennes (S) comme une moyenne géométrique de comparaison bilatéral des extrants entre la compagnie aérienne f et toutes les compagnies aériennes, nous obtenons (Caves *et al.*, 1982) :

$$\overline{\ln TFP_f} = \frac{1}{S}\sum_{s}^{S} \ln TFP_{fs} \tag{1.8}$$

où S représente le nombre de compagnies aériennes, s représente une compagnie aérienne autre que la compagnie aérienne f et les barres horizontales représentent les moyennes. En normalisant les indices via l'équation (1.8) et en faisant l'hypothèse qu'il n'y a pas des compagnies aériennes inefficientes, il est alors possible de calculer la différence des niveaux de productivité entre les compagnies aériennes et entre années. Le log de l'indice des extrants multilatéraux lors de comparaison est défini de la manière suivante :

$$\ln TFP^{\star}_{fl} = \overline{\ln TFP_f} - \overline{\ln TFP_l} \tag{1.9}$$

où f et l représente des compagnies aériennes à des années particulières.
Grâce à l'équation (1.8) et via l'équation (1.9), la comparaison des niveaux de productivité devient transitive. En reprenant l'exemple d'Air France et d'American Airlines, nous obtenons l'égalité suivante (équation 1.10) contrairement à l'inégalité obtenue à l'équation (1.7) dans le cas d'une comparaison de deux compagnies aériennes (à des moments différents) de l'indice des extrants bilatéraux.

$$\ln TFP^{\star}_{AF_{2005}-AA_{2005}} = \ln TFP^{\star}_{AF_{2010}-AA_{2005}} - \ln TFP^{\star}_{AF_{2010}-AF_{2005}} \tag{1.10}$$

Le grand avantage de la méthode des nombres indices est sa grande simplicité. Inutile de procéder à des régressions impliquant des hypothèses sur la structure stochastique. De plus, cette méthode se base uniquement sur les prix et les quantités des inputs et des outputs, simplifiant de ce fait la recherche des données nécessaires.

1.2 La productivité par les réseaux et mesure de l'impact

Le but de la présente étude est de déterminer si les deux différentes philosophies ont un impact sur la productivité des compagnies aériennes. Autrement dit, est-ce qu'une philosophie en *hub* ou une philosophie en *point to point* aurait un impact significatif sur le niveau de productivité. Une fois le niveau de productivité pour chaque compagnie aérienne et par année évaluée, une étude économétrique sera réalisée afin de quantifier l'impact de ces philosophies sur ces dernières. L'étude économétrique en question sera des régressions en panel, via des variables explicatives pouvant modéliser l'idée des deux philosophies. De ce fait, ces variables permettront de déterminer s'il y a ou non un impact significatif sur le niveau de productivité et si cela est le cas, de pouvoir le quantifier.

CHAPITRE II

LES DONNÉES

La banque de données est constituée via les rapports financiers de vingt compagnies aériennes réparties à travers le monde. Plus précisément, elle sera constituée de compagnies aériennes américaines, européennes et asiatiques. La difficulté de réaliser une banque de données en se basant sur des rapports financiers est d'une part l'accès aux informations qui se veut limiter et donc pousse à faire différentes hypothèses qui seront mises en avant tout au long de ce chapitre. D'autre part, chaque rapport financier des compagnies aériennes est différent et donc limite les données communes entre chaque bilan d'où la nécessité d'homogénéiser les données afin de pouvoir les rendre comparables.

Toutes les données monétaires de la banque de données furent converties dans un premier temps en dollars canadiens via le taux de change officiel de la Banque Mondiale (http ://databank.worldbank.org/ddp/home.do) sur la période 2000-2010. Ensuite les données furent converties en dollars constants via l'Indice Implicite du Prix du PIB canadien obtenu également auprès de la Banque Mondial sur le site susmentionné.

Les statistiques descriptives pour les deux outputs (passager et fret/autres), pour les quatre inputs (personnel, carburant, maintenance et autres dépenses), les parts des quatre dépenses dans les dépenses totales et la proportion des dépenses sur les revenus sont résumées dans les tableaux A.1 à A.9 en annexe.

Dans un premier temps, nous présenterons les différents inputs utilisés dans cette étude (section 2.1), puis les deux outputs (section 2.2) et, finalement dans la section 2.3,

les diverses variables qui serviront à tester l'impact de la philosophie aérienne sur la productivité.

2.1 Les inputs

2.1.1 Le travail

Les dépenses en employés représentent une des dépenses les plus importantes des compagnies aériennes. Les données sur cette dépense dans les rapports financiers des compagnies aériennes sont dans la majorité des cas, représentées de la manière suivante : les dépenses totales en employés sans distinction des différentes masses salariales entre les différentes professions dans le domaine aéronautique. Autrement dit, il est rarement fait mention dans le détail des salaires des pilotes avec leur ancienneté, du personnel naviguant ou du personnel au sol que ce soit sur le tarmac ou dans les hangars où est réalisée la maintenance. Cependant, avec les dépenses totales concernant les employés et le nombre de personnel employé par les compagnies aériennes, il est malgré tout possible de déterminer un salaire moyen.

Cependant, en ce qui concerne les compagnies aériennes de Continental Airlines et d'American Airlines, il a été nécessaire de poser certaines hypothèses à cause de données manquantes en 2000, 2001 et 2010 pour la première et en 2000 et 2001 pour la seconde. Pour Continental Airlines, le salaire moyen pour les années 2000 et 2001 a été supposé comme étant le même que celui de l'année 2002 permettant ainsi via les dépenses en personnel de calculer le nombre d'employés. Pour l'année 2010, il fut trouvé via le rapport financier de 2010 de United Air Lines mettant en avant le nombre total d'employés au sein du groupe United-Continental ainsi que le nombre d'employés uniquement chez United Air Lines. La différence étant le personnel de la Continental Airlines. Pour la compagnie American Airlines, en analysant l'évolution du nombre de salariés, il a été possible de constater une diminution du nombre du personnel à chaque année de l'ordre de 1 000 à 2 000 employés en moyenne. L'hypothèse utilisée dans ce cas fut de partir sur la base d'une baisse d'employés de l'ordre de 1 000 individus sur la période de 2000

à 2002.

2.1.2 L'énergie

Tout comme les dépenses liées au personnel, les dépenses en carburant constituent également une part importante dans les dépenses totales. Il existe dans l'industrie aéronautique un indice de prix concernant l'évolution du prix du kérosène. Cependant, cet indice est relativement onéreux donc l'hypothèse qui va être mis en avant dans ce mémoire est la suivante : les compagnies aériennes paient le même prix en ce qui concerne le carburant. Cette hypothèse est utilisée dans les cas des compagnies aériennes où il n'a pas été possible de déterminer un prix pour le carburant consommé. Afin d'établir un prix de référence du carburant, il a été nécessaire de se baser sur les données connues. Le calcul d'un prix moyen du kérosène concerne neuf compagnies aériennes. Air Canada donne dans ses rapports financiers le prix du kérosène payé par cette dernière. Pour les cinq compagnies aériennes américaines, soit US Airways, United Air Lines, Delta Air Lines, Continental Airlines et American Airlines, la consommation en carburant dont l'unité de mesure est le gallon américain était connu. En convertissant le gallon en litre et via les dépenses totales en kérosène, il a été possible d'extraire un prix pour ce dernier illustré dans la figure 2.1.

Pour connaître l'évolution du prix du carburant en Europe, il a fallu passer par une série de calcul. En effet, la compagnie allemande Lufthansa donnait la consommation de carburant en litre mais pour 100 RPK (Revenu Passager Kilomètre). En connaissant le nombre de passagers-kilomètres transportés, il a été possible de déterminer un prix. British Airways quant à elle donnait le prix d'un gallon américain en dollars américains. Finalement, la compagnie aérienne scandinave SAS, proposait un prix d'une tonne de kérosène en dollars américains. Dans ce dernier cas, il a fallu prendre en considération la densité du kérosène afin de la convertir en litre. L'évolution du prix du kérosène en Europe est illustrée dans la figure 2.2.

L'hypothèse d'un prix de kérosène identique pour les compagnies aériennes où cette

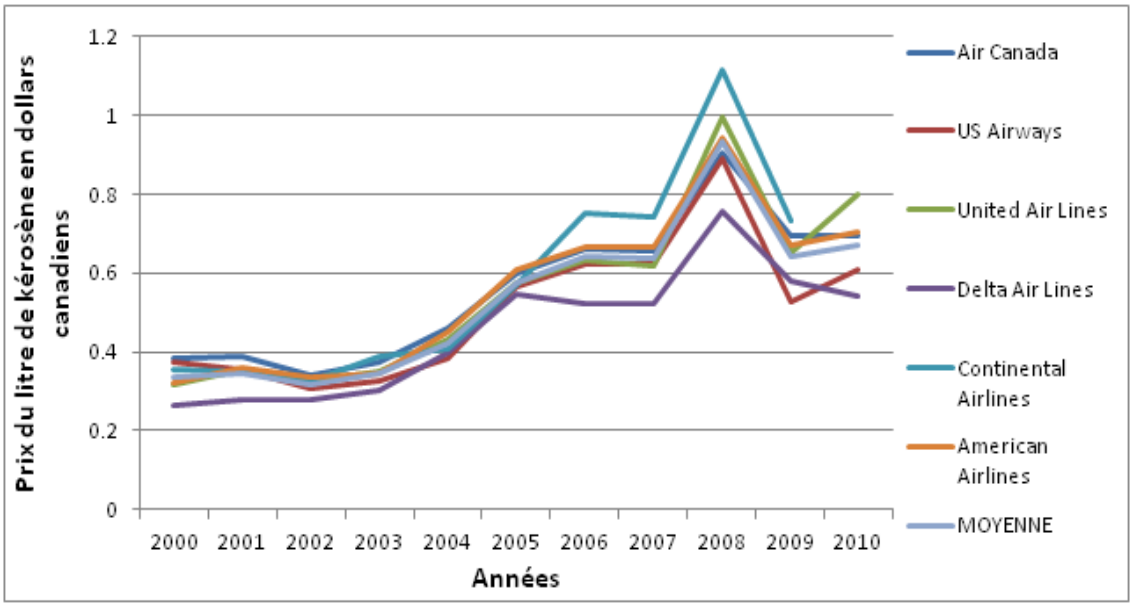


Figure 2.1 Évolution du prix du kérosène en Amérique du Nord

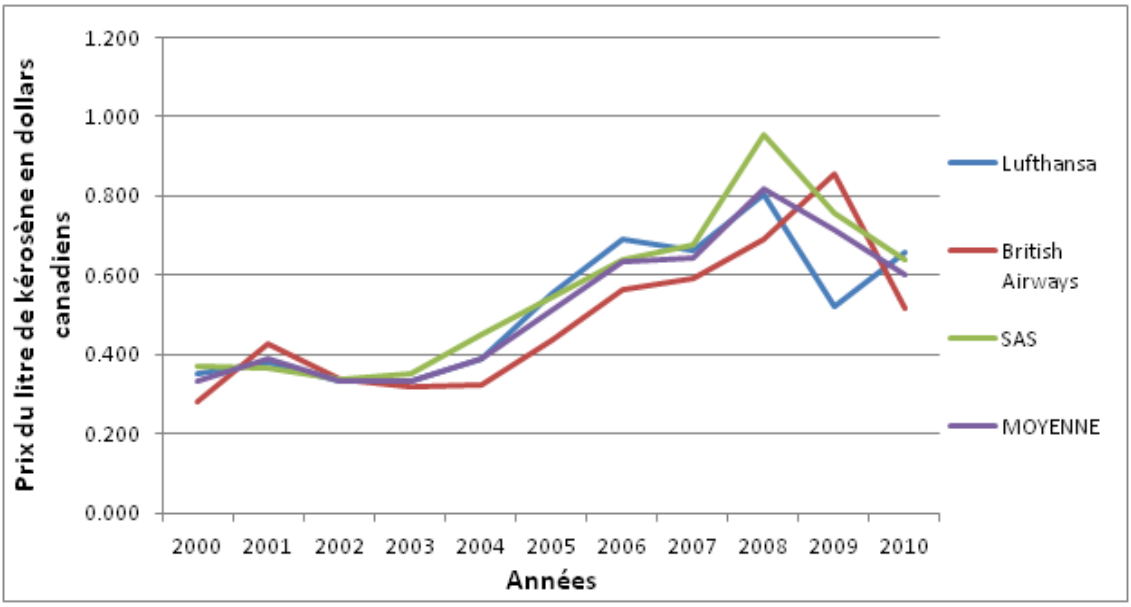


Figure 2.2 Évolution du prix du kérosène en Europe

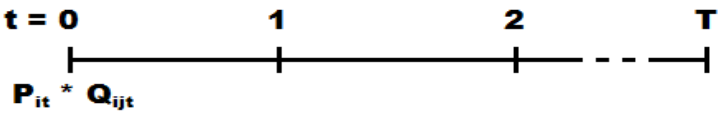
donnée est manquante est tout à fait crédible dans la mesure où en mettant dans une même figure l'évolution du prix moyen du carburant en Amérique du Nord et en Europe

et en faisant la moyenne, nous obtenons une évolution très similaire (Figure 2.3).
En conclusion, le prix du carburant qui fut utilisé pour les compagnies aériennes où cette donnée était manquante fut le prix représenté par la courbe verte de la figure 2.3.

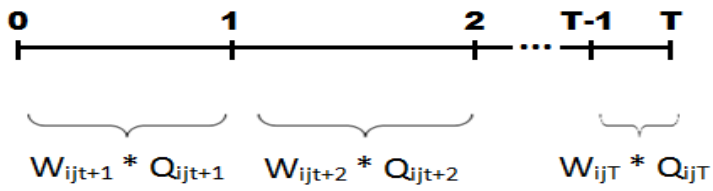
Figure 2.3 Évolution de la moyenne mondiale du prix du kérosène

2.1.3 La maintenance et la quantité d'avions

Le coût de maintenance est un domaine gardé secret aussi bien au niveau des constructeurs des avions que des exploitants. Il a donc fallu déterminer un indice de quantité afin de déterminer un prix de maintenance.
Au temps $t = 0$, la compagnie aérienne achète un stock d'avions équivalent à $P_{it} * Q_{ijt}$, où P_{it} est le prix de l'avion de type i au temps t et Q_{ijt} représente la quantité d'avion de type i par la compagnie aérienne j au temps t.
Coût du stock :



Il faut imputer à chaque période la partie de $P_{it} * Q_{ijt}$ qui représente la dépense pour cette période.



où $W_{ijt+1} * Q_{ijt+1}$ représente la valeur de ce qui est consommé.
Le but est de déterminer le prix annuel de ce qui a été consommé, W_{ijt}.
Dans les circonstances, il est usuel de calculer le prix annualisé (*user cost*, en anglais) W_{ijt+1} (le prix de ce qui a été consommé) via l'équation suivante :

$$W_{ijt+1} = \left[r_{t+1} + \delta_{ijt+1} - (1 - \delta_{ijt+1}) \left(\frac{P_{ijt+1} - P_{ijt}}{P_{ijt+1}} \right) \right] * P_{ijt+1} \tag{2.1}$$

où r_t représente le taux d'intérêt au temps t, δ_t le taux de dépréciation du capital au temps t et P_{ijt} le prix de l'avion de type i de la compagnie aérienne j au temps t.
Toutefois, le calcul de ce prix se butte à quelques problèmes :

1. Le taux de dépréciation δ_t est inconnu. De plus, l'approximation habituellement utilisée reliant le taux de dépréciation à la durée de vie, $\delta = \frac{2}{DV}$, n'est pas applicable dans la mesure où la durée de vie des avions n'est pas considérée en année mais en cycles de compression et de décompression de l'appareil.
2. Le taux d'intérêt r_t, $\forall\ t$ est inconnu.
3. Finalement, il faudrait connaître le prix d'achat des divers types d'avions, P_{ijt} $\forall\ (i,\ j,\ t)$.

Plutôt que de calculer le prix annualisé, nous ferons l'hypothèse (H1) suivante :

$$DE_{ijt} = WE_{ijt} * QE_{ijt} \cong \ valeur\ du\ stock\ consommé_{ijt} \tag{2.2}$$

où DE_{ijt} représente la dépense en maintenance d'un avion de type i, de la compagnie aérienne j au temps t. Ce calcul découle du fait (ou hypothèse, H1) suivant : "*La loi oblige le maintien du stock*".
Via l'équation (2.2), nous obtenons l'égalité suivante :

$$WE_{ijt+1} * QE_{ijt+1} \cong W_{ijt+1} * Q_{ijt+1} \tag{2.3}$$

où QE_{ijt+1} représente la quantité de maintenance pour l'avion de type i, de la compagnie j au temps *t+1*.
En sommant sur les types d'avion, nous obtenons les relations suivantes :

$$\begin{aligned} DE_{jt} = \sum_i DE_{ijt} &= \sum_i WE_{ijt} * QE_{ijt} \\ &\cong \sum_i W_{ijt} * Q_{ijt} \ (vrai\ si\ l'hypothèse\ est\ vraie) \end{aligned} \tag{2.4}$$

où DE_{jt} est la dépense en maintenance de la compagnie j au temps t et qui est observable via les rapports financiers des compagnies aériennes.
Une deuxième hypothèse (H2), qu'il est nécessaire de faire est la suivante :

$$H2 \ : \ W_{ijt} = W_{it} \ \forall \ j \tag{2.5}$$

Cette hypothèse implique que les firmes font face aux mêmes prix. Cependant, il est nécessaire de préciser qu'il y a un prix par appareil.
Donc, via l'hypothèse H2 et l'équation (2.4), nous obtenons le résultat suivant :

$$DE_{jt} = \sum_i DE_{ijt} = \sum_i WE_{ijt} * QE_{ijt} \cong \sum_i W_{it} * Q_{ijt} \tag{2.6}$$

Par définition, l'équation (2.6) représente la dépense implicite en avion par la compagnie aérienne j au temps t.

Le dernier terme de droite représente la dépense annuelle en maintenance par la firme j au temps t pour respecter l'hypothèse obligeant les compagnies aériennes à maintenir le stock. On peut définir des indices de prix et de quantité correspondant à cette dépense. L'indice de quantité de Laspeyres est :

$$Q_{jt}^{maintenance} \equiv \frac{\sum_i W_{i0} * Q_{ijt}}{\sum_i W_{i0} * Q_{ij0}},\ \forall\ (j,\ t) \tag{2.7}$$

et l'indice de prix de la maintenance est :

$$W_{jt}^{maintenance} \equiv \frac{\sum_i W_{it} * Q_{ijt}}{Q_{jt}^{maintenance}}. \tag{2.8}$$

Malheureusement, pour les raisons invoquées ci-haut, les indices de prix W_{ijt} ne peuvent être calculées. Nous ferons une hypothèse additionnelle en supposant que le prix annualisé (*user cost*, en anglais), W_{ij0}, est proportionnel au prix d'achat, P_{ij0} :

$$H3\ :\ W_{ij0} = \alpha \times P_{ij0},\ \forall\ (i,\ j) \tag{2.9}$$

Le prix annualisé correspond au prix du flux, autrement dit le coût annuel d'utilisation de la flotte. La flotte représente le stock et le prix du stock fait référence aux prix d'achat des appareils.

En revenant à l'hypothèse H3, cette dernière est vraie si le taux de dépréciation et le gain de capital (en pourcentage) est le même pour tous les types d'avions i.

Avec cette hypothèse, nous pouvons calculer l'indice de quantité de Laspeyres :

$$Q_{ij}^{maintenance} = \frac{\sum_i W_{i0} * Q_{ijt}}{\sum_i W_{i0} * Q_{ij0}} = \frac{\sum_i P_{i0} * Q_{ijt}}{\sum_i P_{i0} * Q_{ij0}},\ \forall\ (j,\ t) \tag{2.10}$$

où P_{i0} est l'année de référence soit 2010 dans ce présent mémoire. Nous verrons dans la

sous-section suivante comment obtenir le prix des divers types d'avion.
Il nous reste à faire le passage entre l'indice de quantité des avions et l'indice de quantité de la maintenance. Encore une fois, il faudra faire une hypothèse sur la relation entre les prix des avions et le prix de la maintenance :

$$H4 \ : \ WE_{ijt} = \beta \times W_{ijt}, \ \forall \ (i, \ j, \ t) \tag{2.11}$$

Autrement dit, plus un avion est dispendueux, plus son coût unitaire de maintenance sera élevé. L'indice de prix de la maintenance sera égal à l'indice de prix des avions :

$$WE_{jt} = \beta \times W_{jt}^{maitenance} \tag{2.12}$$

Finalement, nous obtenons l'indice de quantité de maintenance :

$$QE_{jt} = \frac{DE_{jt}}{WE_{jt}} = \frac{DE_{jt}}{\beta \times W_{jt}^{maintenance}}. \tag{2.13}$$

Rappelons que nous avons :

$$DE_{jt} \cong W_{jt}^{maintenance} * Q_{jt}^{maintenance} \tag{2.14}$$

et ainsi :

$$QE_{jt} = \frac{DE_{jt}}{WE_{jt}} = \frac{DE_{jt}}{\beta \times W_{jt}^{maintenance}} \cong \frac{W_{jt}^{maintenance} * Q_{jt}^{maintenance}}{\beta \times W_{jt}^{maintenance}} = \frac{1}{\beta} * Q_{jt}^{maintenance}. \tag{2.15}$$

La quantité d'avions étant proportionnelle à la quantité de maintenance, il est inutile de la considérer dans le calcul de la productivité. Pour cette raison, nous ne retiendrons que la quantité de maintenance comme input.

2.1.4 Le prix et la quantité des avions

Le prix de base des avions fut également sujet à certaines hypothèses. Par prix de base, il faut entendre le prix catalogue des avions et non le prix négocié par les compagnies aériennes auprès des constructeurs. Les prix des avions chez Boeing proviennent du site officiel pour les appareils suivants : le B737 de la version 600 à 800, le B767 de la version 200 à 400 et le B777 de la version 200 à 300. De manière identique, les prix chez Airbus proviennent de leur site officiel pour les appareils suivants : A318, A319, A320, A321, A330 de la version 200 à 300, de A340 de la version 300 à 600 et l'A380. Les prix des ATR42-500 et de l'ATR72-500 proviennent d'une communication directe avec le consortium Alenia-EADS qui est le constructeur de cet appareil. En ce qui concerne les Embraer ERJ170 à ERJ195 et les Bombardier CRJ700 à CRJ1000 ainsi que le Dash8-Q400, les prix proviennent de l'organisation de location/achat d'avion myairlease.com. Afin de déterminer le prix d'achat des avions restants, un rapport coût unitaire de l'avion et nombre de sièges dans les avions fut calculé grâce aux appareils susmentionnés. Ce ratio a révélé un coût par siège relativement similaire pour un même type d'avion ou constructeur. En se basant sur quatre ratios, un pour les avions Boeing, un pour les avions Airbus, un pour la catégorie d'avion de type turbo-propulseur (tel que les ATR, l'Embraer 120 ou même le Dash8-Q400) et un dernier pour la catégorie des avions de type turbo-réacteur (tel que les CRJ et les ERJ). En multipliant le ratio moyen d'une catégorie par le nombre de sièges d'un avion de la même catégorie, il est ainsi possible de connaître le prix de ce dernier.

Dans le secteur aéronautique, les avions sont les principaux inputs des compagnies aériennes. Cependant, ils ne sont pas considérés comme des inputs à part entière dans la mesure qu'ils sont déjà pris en considération mais de manière indirecte. En effet, l'indice de quantité de maintenance est construit grâce aux prix des avions mais également via la quantité de chaque type d'avions qu'une compagnie aérienne possède dans sa flotte. La quantité de chaque type d'avions provient des rapports financiers annuels des vingt compagnies aériennes étudiées.

2.1.5 Les "autres inputs"

Mise à part les dépenses en personnel, en carburant et en maintenance, il existe une multitude d'autres dépenses que les compagnies aériennes doivent prendre en considération tels les taxes aéroportuaires, le *catering* (ce dernier input fait référence aux dépenses liées à la nourriture embarquée à bord des avions), etc. Cependant, ce genre de dépenses n'est aucunement homogène d'un rapport financier d'une compagnie aérienne à une autre et même non-homogène au sein de la même compagnie aérienne. Mais ces dépenses doivent quand même être prises en considération dans le calcul de la productivité des compagnies aériennes. En prenant en considération les dépenses totales moins celles consacrées en personnel, en carburant et en maintenance tout en enlevant le montant consacré à l'amortissement, il est ainsi possible de déterminer les " autres dépenses ". Le prix de la catégorie " autres dépenses " est celui de l'indice implicite du prix du PIB permettant de ce fait de calculer un indice de quantité pour cette dépense. Autrement dit, cela revient à supposer que le prix en dollars réels est constant.
Dans les rapports financiers de la compagnie aérienne chinoise China Eastern Airlines, les dépenses en amortissement et en leasing n'étaient pas séparées pour les années 2000 à 2005. En calculant le pourcentage alloué à l'amortissement pour les années 2006 à 2010 par rapport à l'amalgame amortissement et leasing, il a été possible de constater que ce pourcentage était de 60,6 % en moyenne variant de 58,7 % au minimum à 64,0 % au maximum sur la période de 2006 à 2010. Ainsi en appliquant un pourcentage moyen de 60,6 % aux dépenses de l'amortissement et aux leasings pour la période 2000 à 2005, il a ainsi été possible de déterminer les parts allouées à l'amortissement.

2.2 Les outputs

2.2.1 L'output passager

En ce qui concerne l'output passager, les rapports financiers donnent un revenu et deux variables de quantité. Avec le nombre de passagers transportés (une des variables de quantité), il est possible de déterminer le prix moyen d'un billet sur la compagnie

aérienne étudiée. Cependant, ce prix moyen n'est pas significativement représentatif dans la mesure où certaines compagnies aériennes telles que les compagnies européennes, pratiquent des vols court-courrier, moyen-courrier et long-courrier, alors que dans le cas des compagnies aériennes asiatiques qui ont essentiellement des vols long-courrier, ce prix moyen pourrait être représentatif. Afin de pallier à ce problème, le revenu-passager-kilomètre (RPK) sera pris en considération. Cette mesure standard dans le secteur du transport permet de déterminer l'étendu d'un réseau. Par exemple, un revenu de 100 passagers-kilomètre peut s'interpréter comme étant 10 passagers transportés sur 10 kilomètres ou comme étant 2 passagers transportés sur 50 kilomètres, etc. En passant par cette mesure et en divisant le revenu par le nombre de kilomètre-passager, il est possible de déterminer le prix d'un kilomètre parcouru pour un passager.
À travers les rapports financiers, la variable concernant le revenu et celle pour le RPK sont facilement accessible à une exception près. Le nombre de RPK pour l'année 2010 chez Continental Airlines est manquant. En prenant en considération l'évolution du prix sur une période de dix ans, nous pouvons approximativement déterminer le prix de 2010. Il a également été nécessaire de convertir le revenu-passager-mile (RPM) en RPK pour les compagnies aériennes nord américaines exceptées pour Air Canada qui sont en métrique.

2.2.2 L'output fret

L'output fret a été construit de manière similaire à l'output passager à l'exception de la mesure de quantité qui n'était pas exprimé en RPK mais en RTK (revenu-tonne-kilomètre) ou RTM (revenu-tonne-mile) pour les compagnies aériennes américaines.
Cependant, contrairement à l'output passager où les données sont facilement accessibles, l'output fret l'est moins. En effet, le revenu fret est connu mais pas le nombre de RTK. Chez Air Canada, le prix d'une tonne-kilomètre provient de Continental Airlines, les revenus en termes de fret pour ces deux compagnies sont relativement similaires et évoluent de la même manière. En ayant déterminé le prix pour Air Canada, il a été possible de déterminer le nombre de RTK pour cette dernière.

Chez Continental Airlines pour les années 2000 à 2003, le revenu fret et les autres revenus (autre que passager) étaient présentés sans distinction contrairement aux années 2004 à 2010. En se basant sur la période 2004-2010, une part moyenne des revenus fret a été calculé qui s'élève à 35,5 % des revenus fret et autres revenus. En prenant en considération l'évolution du prix sur la période 2002-2009, nous avons approximativement les prix de 2000, 2001 et 2010.

Le revenu fret de Singapore Airlines pour l'année 2000 a été déterminé de la même manière que les approximations précédentes, soit en analysant l'évolution des revenus fret sur la période 2001-2010.

De la même manière que chez Air Canada en ce qui concerne le prix, les prix d'All Nippon Airways, de US Airways et de Delta Air Lines proviennent respectivement des prix de Japan Airlines, Continental Airlines et de United Air Lines.

Le revenu fret de Japan Airlines pour les années 2000,2001, 2008 et 2009 étant manquant, une estimation des prix a été nécessaire. Cependant sur la période 2002-2007, le prix d'une tonne-kilomètre a très peu évolué soit un intervalle de 0,158 $ à 0,188 $ le RTK. Le prix de 1 RTK pour les années 2000 et 2001 est celui du prix de 2002 et le prix de 1 RTK pour les années 2008 et 2009 est celui du prix de 2007.

Finalement, il manque le nombre de RTM pour la compagnie aérienne américaine United Air Lines pour la période 2000-2005. Cependant, en faisant un ratio du RPM sur le RTM sur la période 20006-2010, il a été possible de constater une certaine constance. En effet, le RTM représente au minimum 16 % du RPM et au maximum 17,2 % soit une moyenne de 16,8 %, moyenne qui fut utilisée pour déterminer le nombre de RTM de 2000 à 2005.

2.3 Les variables pour le test de l'impact de la philosophie aérienne sur la productivité

2.3.1 Indice de réseau aérien : Le *hub* et le *point to point*

Comme il a déjà été mentionné, les deux philosophies aériennes à des fins de simplification sont attribuées à des régions spécifiques du globe. L'Europe et l'Asie évoluent dans une situation où les *hubs* sont les plus présents contrairement aux compagnies nord-américaines où le *point to point* est majoritaire.
De ce fait, une variable dichotomique a été créée en prenant la valeur 0 pour une philosophie en *point to point* et en prenant une valeur de 1 pour les compagnies aériennes évoluant dans une philosophie en *hub*.

2.3.2 Les routes aériennes

Les routes aériennes sont un élément intéressant à prendre en considération afin de déterminer par rapport à la stratégie aéronautique adoptée par une compagnie aérienne, quelle philosophie aurait un meilleur impact sur le niveau de la productivité.
N'ayant pas, via les rapports financiers, les données concernant le nombre de passager-kilomètre alloué aux différentes routes aériennes, il a été nécessaire d'utiliser l'étude réalisée en 2007 par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI). Cette étude met en avant le nombre de kilomètres-passagers en milliards réparti sur différents groupes de routes, telle que l'Atlantique nord, la transpacifique, la route reliant l'Europe à l'Asie, etc. Cependant, il y a le nombre de passagers-kilomètres transportés pour une route particulière sans pour autant détailler le nombre de RPK fait par une compagnie aérienne d'une région. Par exemple, sur la route Europe-Asie, on ne connait pas la part effectuée par des compagnies aériennes asiatiques et celle réalisée par les compagnies aériennes européennes.
Afin d'estimer la part des compagnies aériennes pour chacune des routes, la méthode utilisée fut la suivante pour le cas de l'Amérique du Nord.
On connait pour les années 1985 et 2005, le nombre de RPK pour les différentes routes

ainsi que le taux de croissance annuel moyen pour les périodes 1985-2005 et 2005-2025. Dans le cas de l'Amérique du Nord, le nombre de RPK (en milliards) par les compagnies aériennes nord-américaines pour l'année 1985 était de 567,4 dont 442,9 étaient des vols intérieurs et 15 des vols internationaux en Amérique du Nord. Il reste donc 109,5 G de RPK pour les vols internationaux vers l'extérieur de l'Amérique du Nord. Le nombre de RPK alloués pour les routes Amérique du Nord-Amérique Central, Amérique du Nord-Amérique du Sud, Amérique du Nord-Asie et Amérique du Nord-Europe étaient au total de 241,9 G. Donc sur les 241,9 G de RPK sur les routes provenant ou partant d'Amérique du Nord, 109,5 G sont réalisés par des compagnies aériennes nord-américaines. En appliquant une règle de trois, il est possible d'estimer le nombre de RPK réalisé par les compagnies aériennes nord-américaines sur les différentes routes aériennes. Étant donné que le taux de croissance annuel moyen pour chacune des routes est connu, il est donc possible de déterminer le nombre de RPK par route et par année. De manière similaire, il est possible d'estimer le nombre de RPK pour les routes touchant les compagnies aériennes européennes et asiatiques.

2.3.3 Les alliances

Dans le secteur aéronautique, il est souvent question de la notion de consolidation. Il existe différentes formes de consolidation. Stephen Holloway dans son livre "*Straight and Level : Practical Airlines Economics*" [1] résume les consolidations possibles. La première consiste par l'acquisition suivie de l'absorption d'une compagnie aérienne, telle qu'American Airlines qui a acquis la TWA pour ensuite l'absorber aboutissant ainsi à la disparition de cette dernière. La deuxième forme consiste à l'acquisition suivie de la continuation des deux identités de façon séparée. Le cas d'Air France et de la KLM en 2004 permet d'illustrer cette forme d'alliance. La compagnie aérienne française a acquis la compagnie aérienne néerlandaise, cependant cette dernière continue d'opérer sous ses couleurs d'origine mais pour le groupe Air France-KLM. La troisième forme de

1. Holloway, S. "Straight and Level : Pratical Airlines Economics". *Edition Ashgate*. PP.41-42.

consolidation est essentiellement utilisée au sein d'une nation. Cette forme consiste à fusionner deux compagnies aériennes afin d'en créer une nouvelle. Par exemple, la fusion de BEA (British European Airways) avec BOAC (British Overseas Airways Corporation) a donné l'actuelle British Airways. Finalement, la dernière forme de consolidation est celle des alliances. En 1997, la première alliance aéronautique voit le jour : Star Alliance. Deux ans, plus tard, l'alliance SkyTeam est créée suivie en 2000 par une troisième alliance, OneWorld. Ces alliances ont pour but de mettre " *en commun des réseaux, des salons, des services d'enregistrement et de billetterie ainsi que des dizaines d'autres services*[2]". Cependant, ces alliances facilitent la correspondance des passagers ainsi que la réservation des billets d'avion. En effet, lorsqu'un passager achète un billet auprès d'une compagnie aérienne à destination d'un pays étranger qu'elle dessert mais pas la ville souhaitée par le passager, les alliances permettent à ce dernier d'atteindre sa destination finale sans pour autant devoir voler avec la même compagnie aérienne sur la totalité de l'itinéraire. Les alliances permettent ainsi d'élargir les destinations des compagnies aériennes sans pour autant de devoir toutes les desservir. Les alliances dans une vision européenne/asiatique de l'aéronautique représentent un aspect très important à la viabilité de ce système. De plus, les alliances permettent une homogénéisation des programmes de fidélité des compagnies aériennes. Par exemple, un passager ayant une carte de fidélité auprès d'Air Canada mais voyageant sur Singapore Airlines se verra créditer ces "miles" qu'il pourra utiliser sur Swiss International Airlines.

Depuis la création des alliances, il est possible de constater qu'elles " *ont largement positivement contribué à l'accroissement de la densité du trafic sur les routes existantes ainsi qu'à l'accroissement du réseau aérien*[3]" . Cependant, au sein des alliances, il y a le développement d'une stratégie de grande compagnie aérienne (*mega-carrier strategy*, en anglais) [4] poussant certaine compagnie aérienne à s'agrandir par l'acquisition totale

---

2. Site officiel de Star Alliance. http ://www.staralliance.com/fr/about/organisation/

3. Holloway, S. "Straight and Level : Pratical Airlines Economics". *Edition Ashgate*. P.361.

4. Fan, T., L. Vigeant-Langlois, C. Geissler, B. Bosler. "Evolution of global airlines strategic alliance and consolidation in the twenty-first century". 2001. *Journal of Air Transport Management*.

ou partielle de différentes compagnies aériennes. En Europe, Lufthansa pratique cette stratégie et contrôle les compagnies suivantes : Swiss International Airlines, Austrian Airlines, Germanwings, Edelweiss Air, Air Dolomiti et Eurowings [5]. En Asie, Singapore Airlines contrôle la totalité de Silkair et de Scoot ainsi que 49 % de Virgin Atlantic Airways et de Tiger Airways. L'objectif premier de cette stratégie consiste à augmenter le pouvoir dans le marché aéronautique ainsi que les revenus grâce à la planification des horaires et l'ajout des revenus issus des ventes dans une zone géographique élargie. Autrement dit, Lufthansa coordonne ses horaires de vols avec ses différentes filiales et profite des revenus engendrés par ces dernières sur les trajets qu'elle n'opère pas. Dans la vision précédente, la consolidation au sein des aéroports et dans les sièges sociaux est secondaire. À l'époque où la Swissair existait, cette dernière via l'acquisition de différentes compagnies aériennes telle que la Sabena, misait dans un premier temps sur la minimisation des coûts grâce à la consolidation du groupe au sein d'une même région géographique.

En résumé, il est possible de constater la complexité des différentes stratégies qui s'offrent aux compagnies aériennes. Cependant, dans ce présent mémoire, seul les alliances seront prises en considération. Autrement dit, les différentes stratégies d'acquisition, de regroupement ne seront pas prises en considération dans la mesure où l'étude se fait sur les compagnies aériennes et non sur les groupes.

De ce fait, la création d'une variable sur les alliances est nécessaire et sera de type dichotomique. Une compagnie aérienne faisant partie d'une alliance quelle qu'elle soit prendra la valeur 1 pour les années où cette alliance est effective, sinon elle prendra la valeur de 0.

P.357.

5. Rapport financier de 2010 de la Lufthansa. P.233

CHAPITRE III

MESURE DE L'INDICE DE PRODUCTIVITÉ

Dans le chapitre 1, nous avons montré comment calculer l'indice de productivité des compagnies aériennes entre 2000 et 2010 via les équations 1.4, 1.5 et 1.6. Vasigh, Fleming et Tacker dans "*Introduction to Air Transport Economics*" mettent en avant un rapport publié par ATW (Air Transport World) [1] sur les rentabilités d'exploitation des compagnies aériennes en 2005. Or, il est intéressant de constater que les cinq premières compagnies aériennes, en terme de rentabilité, étudiées en commun soit British Airways, Singapore Airlines, Cathay Pacific, Emirates et Air France, font également partie des cinq premières compagnies aériennes en terme de productivité comme l'indique la figure 3.1.

Les tableaux 3.1, 3.2 et 3.3 regroupent par région géographique le niveau de productivité (appelé *TFP*, *Total Factor Productivity*, en anglais) des compagnies aériennes de 2000 à 2010.

L'année et la compagnie aérienne de référence est celle d'Air Canada en 2000. De ce fait, le niveau de productivité d'Air Canada en 2000 équivaut à 1. Tous les niveaux de productivité des autres compagnies aériennes y compris Air Canada pour les années autre que l'année 2000 sont en référence à celle d'Air Canada en 2000. Il est possible de constater par exemple que le niveau de productivité de Japan Airlines en 2008 était

---

1. Vasigh, B., K. Fleming, T. Tacker, (2008). "Introduction to Air Transport Economics : From theory to applications". *Publication Ashgate*. P. 11.

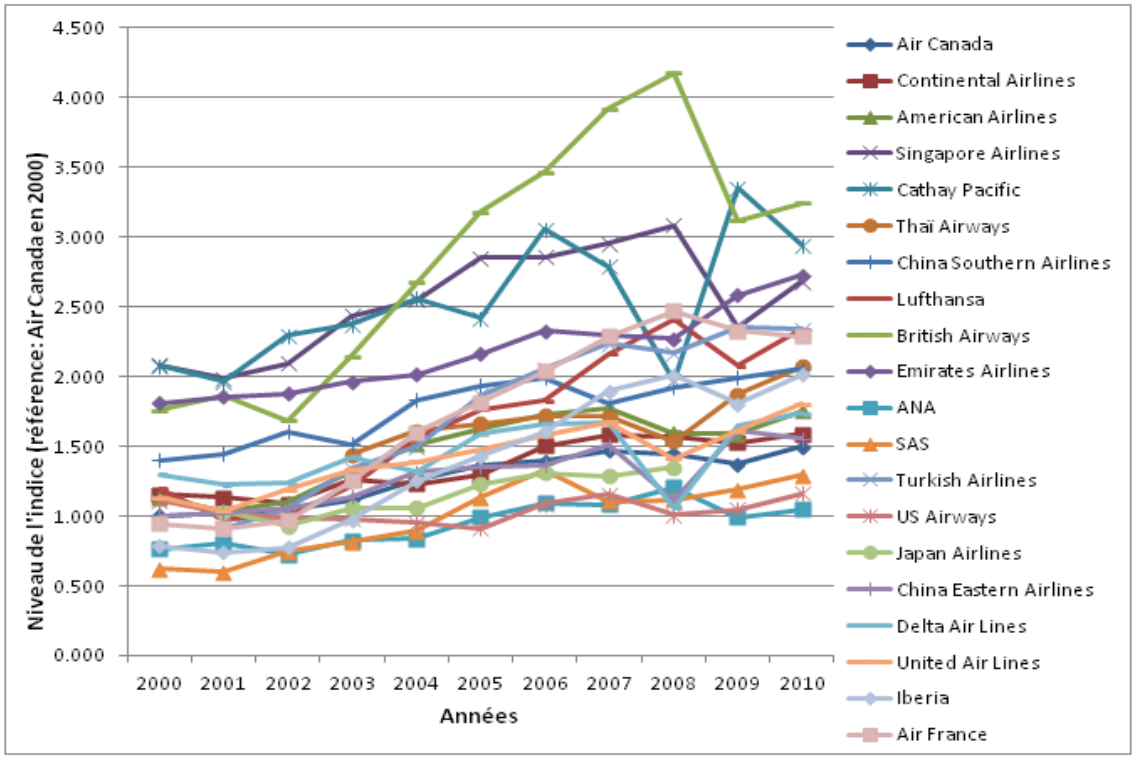


Figure 3.1 Évolution des indices de productivité

supérieur à celle d'Air Canada en 2000 (1,347 > 1,000) alors qu'en 2009 ce ne fut pas le cas (0,939 < 1,000).
Les figures 3.2, 3.3 et 3.4 sont la représentation des niveaux de productivité par région géographique.

L'évolution des niveaux de productivité des compagnies aériennes en Europe est caractérisée par une croissance constante qui est similaire pour quatre des six compagnies aériennes étudiées. La compagnie aérienne scandinave SAS connaît une baisse de son niveau de productivité sur la période 2006-2007. La compagnie aérienne britannique, British Airways, quant à elle accuse une forte diminution de son niveau de productivité sur la période 2008-2009, qui peut être en partie expliqué par le transfert des activités de la compagnie dans le nouveau terminal 5 de l'aéroport de Heathrow à Londres. Ce transfert a eu pour conséquence une augmentation de 23 % des frais aéroportuaires

Tableau 3.1 Le niveau de productivité des compagnies aériennes asiatiques

Année	Compagnie aérienne	TFP	Compagnie aérienne	TFP	Compagnie aérienne	TFP
2000	Singapore Airlines	2.082	Cathay Pacific	2.077	Thaï Airways	1.401
2001	Singapore Airlines	1.985	Cathay Pacific	1.959	Thaï Airways	1.434
2002	Singapore Airlines	2.094	Cathay Pacific	2.290	Thaï Airways	1.397
2003	Singapore Airlines	2.436	Cathay Pacific	2.368	Thaï Airways	1.443
2004	Singapore Airlines	2.551	Cathay Pacific	2.558	Thaï Airways	1.609
2005	Singapore Airlines	2.857	Cathay Pacific	2.417	Thaï Airways	1.661
2006	Singapore Airlines	2.858	Cathay Pacific	3.054	Thaï Airways	1.718
2007	Singapore Airlines	2.957	Cathay Pacific	2.789	Thaï Airways	1.717
2008	Singapore Airlines	3.085	Cathay Pacific	1.972	Thaï Airways	1.541
2009	Singapore Airlines	2.358	Cathay Pacific	3.352	Thaï Airways	1.872
2010	Singapore Airlines	2.678	Cathay Pacific	2.940	Thaï Airways	2.069
2000	China Southern Airlines	1.406	Emirates Airlines	1.810	China Eastern Airlines	0.997
2001	China Southern Airlines	1.451	Emirates Airlines	1.854	China Eastern Airlines	1.019
2002	China Southern Airlines	1.609	Emirates Airlines	1.881	China Eastern Airlines	1.055
2003	China Southern Airlines	1.518	Emirates Airlines	1.966	China Eastern Airlines	1.139
2004	China Southern Airlines	1.839	Emirates Airlines	2.014	China Eastern Airlines	1.318
2005	China Southern Airlines	1.940	Emirates Airlines	2.165	China Eastern Airlines	1.355
2006	China Southern Airlines	1.999	Emirates Airlines	2.332	China Eastern Airlines	1.366
2007	China Southern Airlines	1.818	Emirates Airlines	2.294	China Eastern Airlines	1.509
2008	China Southern Airlines	1.927	Emirates Airlines	2.276	China Eastern Airlines	1.110
2009	China Southern Airlines	1.996	Emirates Airlines	2.584	China Eastern Airlines	1.612
2010	China Southern Airlines	2.062	Emirates Airlines	2.732	China Eastern Airlines	1.556
2000	Japan Airlines	1.091	All Nippon Airways	0.763		
2001	Japan Airlines	1.030	All Nippon Airways	0.800		
2002	Japan Airlines	0.925	All Nippon Airways	0.725		
2003	Japan Airlines	1.059	All Nippon Airways	0.824		
2004	Japan Airlines	1.056	All Nippon Airways	0.837		
2005	Japan Airlines	1.229	All Nippon Airways	0.990		
2006	Japan Airlines	1.310	All Nippon Airways	1.093		
2007	Japan Airlines	1.285	All Nippon Airways	1.083		
2008	Japan Airlines	1.347	All Nippon Airways	1.205		
2009	Japan Airlines	0.939	All Nippon Airways	0.989		
2010	Japan Airlines	0.905	All Nippon Airways	1.047		

auprès de BAA (British Airports Authority) [2].

En ce qui concerne la région asiatique, bien que l'écart des niveaux de productivité entre les compagnies aériennes de cette région soit conséquent, on constate néanmoins une

2. Rapport financier de 2008-2009 de British Airways. P.14.

Tableau 3.2 Le niveau de productivité des compagnies aériennes nord-américaines

Année	Compagnie aérienne	TFP	Compagnie aérienne	TFP	Compagnie aérienne	TFP
2000	Air Canada	1.000	Continental Airlines	1.154	American Airlines	1.133
2001	Air Canada	1.019	Continental Airlines	1.132	American Airlines	1.034
2002	Air Canada	1.045	Continental Airlines	1.088	American Airlines	1.096
2003	Air Canada	1.114	Continental Airlines	1.264	American Airlines	1.312
2004	Air Canada	1.257	Continental Airlines	1.231	American Airlines	1.513
2005	Air Canada	1.361	Continental Airlines	1.291	American Airlines	1.631
2006	Air Canada	1.392	Continental Airlines	1.504	American Airlines	1.727
2007	Air Canada	1.471	Continental Airlines	1.582	American Airlines	1.776
2008	Air Canada	1.448	Continental Airlines	1.567	American Airlines	1.597
2009	Air Canada	1.370	Continental Airlines	1.527	American Airlines	1.587
2010	Air Canada	1.499	Continental Airlines	1.590	American Airlines	1.750
2000	US Airways	1.109	Delta Air Lines	1.298	United Air Lines	1.131
2001	US Airways	1.022	Delta Air Lines	1.221	United Air Lines	1.033
2002	US Airways	0.990	Delta Air Lines	1.237	United Air Lines	1.191
2003	US Airways	0.978	Delta Air Lines	1.421	United Air Lines	1.332
2004	US Airways	0.948	Delta Air Lines	1.317	United Air Lines	1.390
2005	US Airways	0.912	Delta Air Lines	1.592	United Air Lines	1.473
2006	US Airways	1.087	Delta Air Lines	1.662	United Air Lines	1.583
2007	US Airways	1.153	Delta Air Lines	1.675	United Air Lines	1.673
2008	US Airways	1.005	Delta Air Lines	1.055	United Air Lines	1.414
2009	US Airways	1.043	Delta Air Lines	1.649	United Air Lines	1.608
2010	US Airways	1.158	Delta Air Lines	1.733	United Air Lines	1.805

croissance positive et similaire des niveaux de productivité.

La région Nord-Américaine est la région où l'écart des niveaux de productivité entre les compagnies aériennes est la plus faible sans compter que la croissance du niveau de productivité est relativement similaire d'une compagnie aérienne à une autre. Il est cependant à noter une forte diminution du niveau de productivité de la compagnie aérienne Delta Air Lines en 2008. Cette diminution peut s'expliquer par l'absorption de Northwest Airlines (NWA) par Delta Air Lines en 2008.

Les résultats des niveaux de productivités des transporteurs aériens démontrent des évolutions et des niveaux différents entre eux. En Amérique du Nord et en Europe, on voit une évolution similaire ainsi qu'un niveau de productivité relativement identique entre les compagnies aériennes respectivement dans leur région. Ces résultats

Tableau 3.3 Le niveau de productivité des compagnies aériennes européennes

Année	Compagnie aérienne	TFP	Compagnie aérienne	TFP	Compagnie aérienne	TFP
2000	Lufthansa	1.191	British Airways	1.758	SAS	0.623
2001	Lufthansa	0.978	British Airways	1.859	SAS	0.600
2002	Lufthansa	0.999	British Airways	1.688	SAS	0.749
2003	Lufthansa	1.218	British Airways	2.144	SAS	0.817
2004	Lufthansa	1.557	British Airways	2.679	SAS	0.896
2005	Lufthansa	1.761	British Airways	3.184	SAS	1.131
2006	Lufthansa	1.825	British Airways	3.469	SAS	1.336
2007	Lufthansa	2.160	British Airways	3.923	SAS	1.103
2008	Lufthansa	2.405	British Airways	4.184	SAS	1.120
2009	Lufthansa	2.073	British Airways	3.122	SAS	1.190
2010	Lufthansa	2.337	British Airways	3.246	SAS	1.291
2000	Iberia	0.782	Air France	0.946	Turkish Airlines	1.241
2001	Iberia	0.741	Air France	0.911	Turkish Airlines	0.908
2002	Iberia	0.771	Air France	0.967	Turkish Airlines	1.057
2003	Iberia	0.972	Air France	1.250	Turkish Airlines	1.337
2004	Iberia	1.250	Air France	1.599	Turkish Airlines	1.498
2005	Iberia	1.430	Air France	1.818	Turkish Airlines	1.871
2006	Iberia	1.601	Air France	2.036	Turkish Airlines	2.059
2007	Iberia	1.895	Air France	2.291	Turkish Airlines	2.244
2008	Iberia	2.008	Air France	2.468	Turkish Airlines	2.172
2009	Iberia	1.801	Air France	2.327	Turkish Airlines	2.364
2010	Iberia	2.012	Air France	2.290	Turkish Airlines	2.347

similaires dans ces deux dernières régions s'expliquent par le fait que les compagnies aériennes évoluent dans des structures législatives et sociales proches surtout dans le cas de l'Amérique du Nord où cette région est constituée uniquement de deux pays. Le niveau de développement entre les pays asiatiques est plus conséquent, ce qui peut expliquer la différence au niveau de la productivité. Ayant un niveau de vie plus conséquent, les compagnies aériennes japonaises font face à un niveau salarial plus élevé que dans le reste de l'Asie. Or, les dépenses en personnel figurent parmi les principaux inputs dans le calcul du niveau de productivité. Les contraintes sociales moins restrictives en Asie (excepté au Japon) expliquent le niveau de productivité plus élevé chez les compagnies aériennes asiatiques par rapport aux compagnies européennes et nord-américaines.

Cependant, l'évolution du niveau de productivité est plus importante en Europe. En l'espace de dix ans, les compagnies aériennes européennes ont gagné en moyenne 1,229 de niveau de productivité soit une augmentation de 112 %, contrairement en Amérique

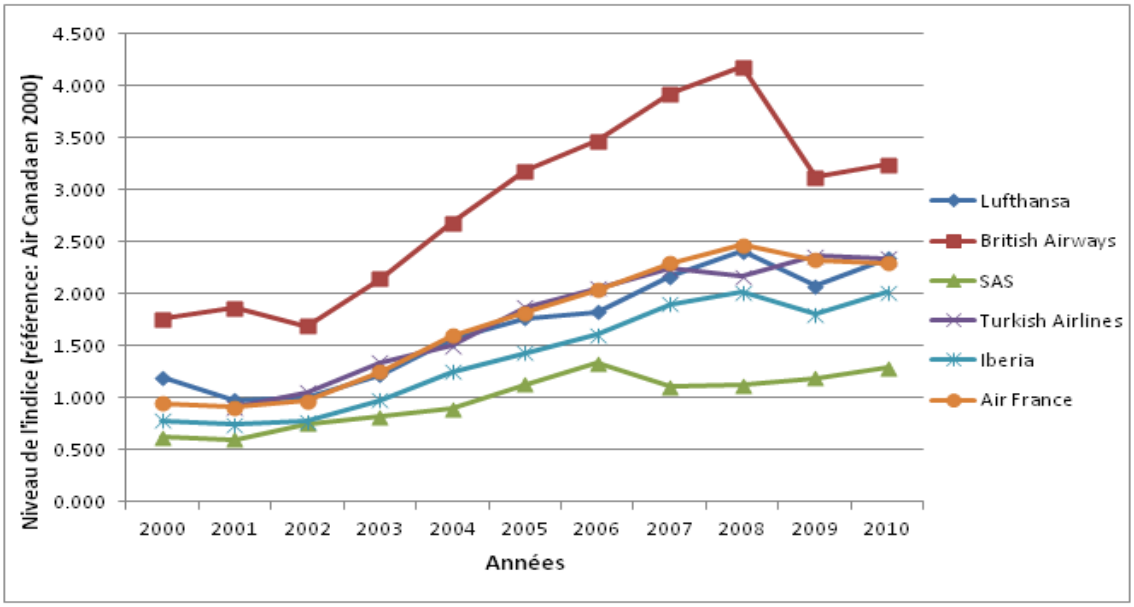


Figure 3.2 Évolution de l'indice de productivité en Europe

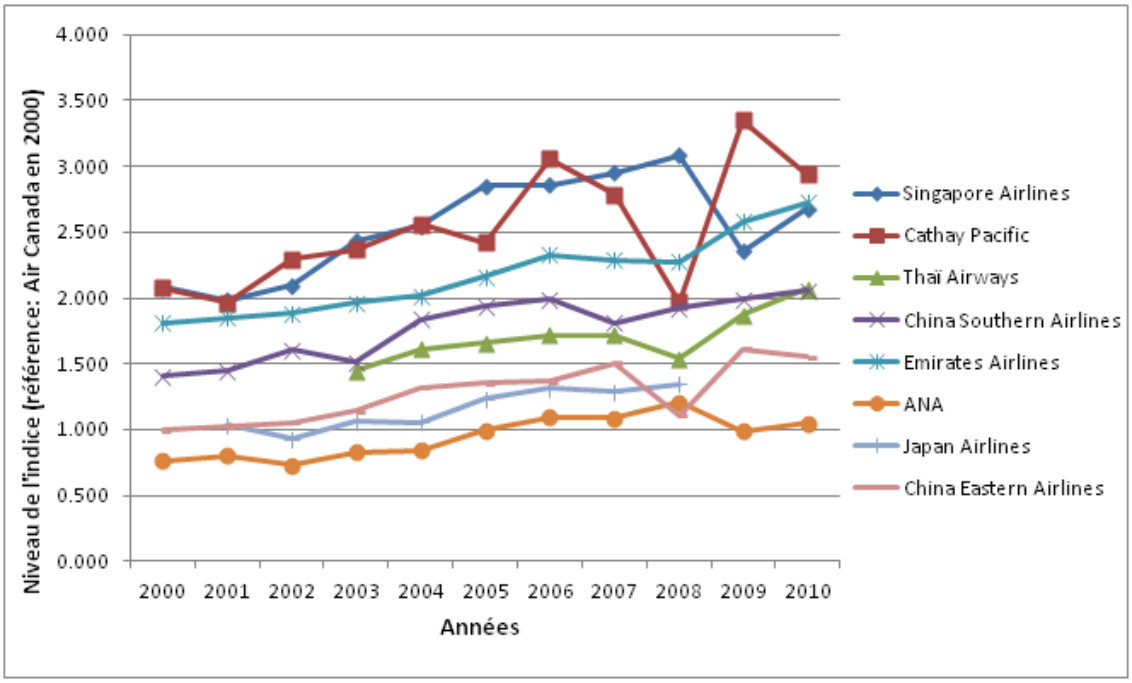


Figure 3.3 Évolution de l'indice de productivité en Asie

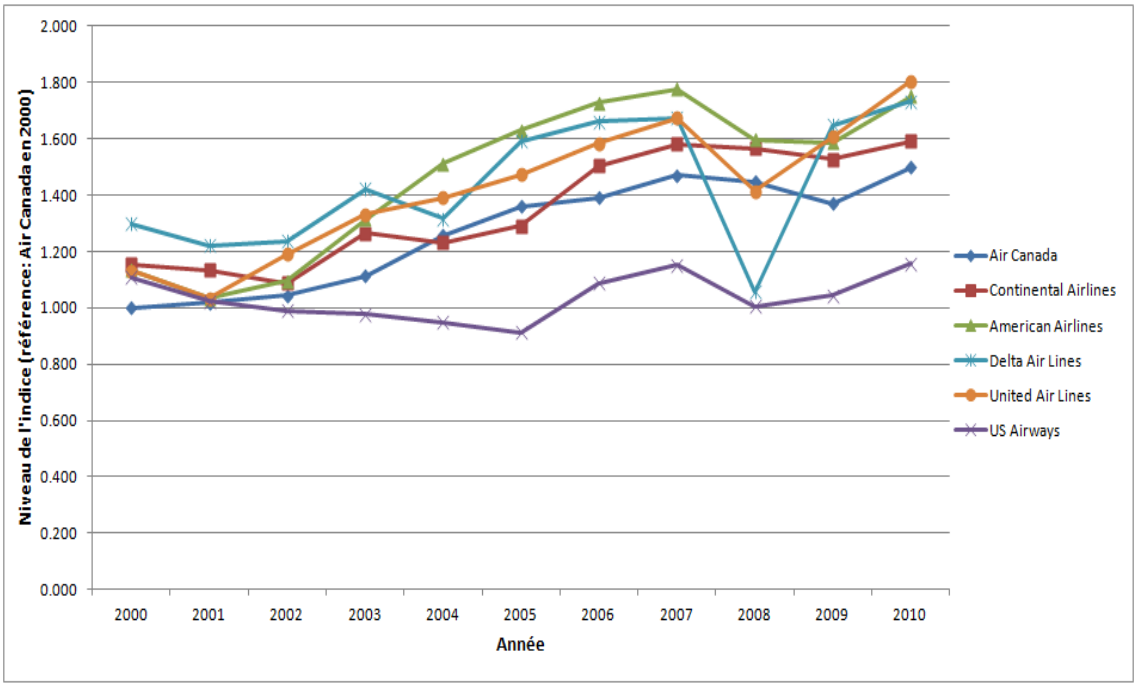


Figure 3.4 Évolution de l'indice de productivité en Amérique du Nord

du Nord et en Asie où le niveau de productivité a augmenté respectivement de 0,454 et de 0,664 équivalent à une augmentation de 40 % et de 44 %.

Ces différentes évolutions s'expliquent par la structure même des trois régions. L'Amérique du Nord avec la déréglementation survenue en 1978, a vu la multiplication des compagnies aériennes ayant pour conséquence une saturation du marché. L'Europe, avec une déréglementation survenue une dizaine d'années plus tard, connait à son tour le développement de compagnies aériennes de type *low cost*. Cependant, le marché européen n'est pas encore saturé. Mais sur une trentaine de compagnies aériennes européennes de type *low cost*, près des deux-tiers ont été créées entre 2000 et aujourd'hui, ce qui a pour conséquence une restructuration des compagnies aériennes dites "classiques" afin de compétitionner avec ce nouveau type de transporteurs aériens dans le marché européen. D'ici ces prochaines années, on risque de voir ce phénomène dans la région asiatique. En effet, jusqu'à présent, les compagnies aériennes de type *low cost* servaient comme transporteur aérien au niveau régional pour les compagnies "classiques".

Par exemple, les compagnies Silkair et Dragonair sont respectivement les compagnies régionales de Singapore Airlines et de Cathay Pacific. Cependant, de plus en plus de compagnies *low cost* se développent et de façon très exponentielle. La principale *low cost* d'Asie, Air Asia opérant uniquement des Airbus A320, avait en juillet 2012 une commande de 375 avions dont 89 étaient déjà livrés.

CHAPITRE IV

MODÈLES ÉCONOMÉTRIQUES ET RÉSULTATS ÉCONOMÉTRIQUES

4.1 Les modèles et la méthode

Afin de tester la significativité et l'impact des philosophies aéronautiques sur le niveau d'indice de productivité, trois modèles économétriques ont été développés. Les deux modèles se construisent de la même manière, seules les variables changent au sein des modèles.

Le modèle général est une régression en panel et en effet aléatoire de l'indice de productivité sur les variables explicatives tel que $TFP_{ij} = f(a_{ij},\ b_{ij},\ c_{ij},\ etc.) + \varepsilon_{ij}$, où TFP_{ij} est le niveau de productivité au temps i et pour la compagnie aérienne j, a_{ij}, b_{ij} et c_{ij} sont les variables explicatives au temps i et pour la compagnie aérienne j et finalement ε_{ij} est le terme d'erreur au temps i et pour la compagnie j.[1]

Le premier modèle consiste à régresser la philosophie (*hub* ou *point to point*), l'année et la présence d'alliance sur le niveau de productivité.

$$TFP_{ij} = f(philosophie_{ij},\ année_{ij},\ alliances_{ij}) + \varepsilon_{ij} \tag{4.1}$$

Le deuxième modèle consiste à régresser la philosophie, les routes, les alliances, l'année et l'année au carré sur le niveau de productivité.

---

1. Lors des régressions statistiques via le logiciel Stata, la commande xtreg fut utilisée pour élaborer les résultats économétriques en panel avec l'option d'effet aléatoire

$$TFP_{ij} = f(philosophie_{ij},\ routes_{ij},\ année_{ij},\ alliances_{ij},\ année\ au\ carré_{ij}) + \varepsilon_{ij} \quad (4.2)$$

Dans tous les cas, ce qui nous intéresse particulièrement, c'est l'impact de la philosophie sur le niveau de productivité. L'ajout d'autres variables a pour but de tester la robustesse de nos résultats en présence de données omises qui aurait pu influencer la relation entre la productivité et le choix philosophique aérien.

4.2 Les résultats économétriques

Dans un premier temps, il est intéressant de voir les corrélations entre les routes aériennes et la philosophie du *point to point*. On constate dans le tableau 4.1, qu'il existe une forte corrélation positive entre la philosophie en *point to point* et les différentes routes aériennes en Amérique du Nord. Les corrélations entre la philosophie *point to point* et les routes aériennes asiatiques et européennes sont nettement plus faibles et sont négatives. Ainsi, l'hypothèse que les compagnies aériennes nord-américaines évoluent dans une philosophie de *point to point* alors que les compagnies aériennes européennes et asiatiques évoluent en *hub* se vérifie.

Tableau 4.1 Corrélation entre les routes aériennes et la philosphie du *point to point*

	Philosophie en *point to point*
Philosophie en *point to point*	1,000
Route Amérique du Nord - Amérique du Nord	0,994
Route Amérique du Nord - Asie	0,979
Route Amérique du Nord - Europe	0,986
Route Europe - Europe	-0,425
Route Europe - Amérique du Nord	-0,415
Route Europe - Asie	-0,411
Route Asie - Asie	-0,519
Route Asie - Europe	-0,516
Route Asie - Amérique du Nord	-0,515

Les résultats des modèles 1 et 2 se retrouvent dans le tableaux 4.2.

Tableau 4.2 Modèle 1 et modèle 2

Variable expliquée: Niveau de productivité	**Modèle 1**		**Modèle 2**	
Variables explicatives	**Coefficient**	**Stat-*t***	**Coefficient**	**Stat-*t***
Philosophie en *point to point*	-0,358	-2,09	-2,290	-2,20
Année	0,098	6,37	0,400	6,75
Année au carré	--	--	0,062	7,93
Route Amérique du Nord - Amérique du Nord	--	--	-0,003	-0,67
Route Amérique du Nord - Asie	--	--	-0,628	-6,63
Route Amérique du Nord - Europe	--	--	0,387	5,39
Route Europe - Europe	--	--	-0,011	-3,93
Route Europe - Amérique du Nord	--	--	0,280	8,01
Route Europe - Asie	--	--	-0,453	-8,03
Route Asie - Asie	--	--	-0,038	-8,43
Route Asie - Europe	--	--	3,034	8,16
Route Asie - Amérique du Nord	--	--	-2,919	-8,13
Compagnies aériennes étant au sein d'une alliance	-0,222	-2,13	-0,129	-2,32
Constante	-194,901	-6,33	1,719	2,40

L'intérêt de cette recherche consiste à déterminer si les philosophies en *hub* ou en *point to point* ont un impact ou non sur le niveau de productivité. Il est possible à travers le premier modèle de constater qu'une philosophie en *point to point* a une répercussion négative sur le niveau de productivité des compagnies aériennes et cela de manière significative. En effet, le coefficient associé à la philosophie du *point to point* sur le niveau de productivité est de -0,358.

Cependant, alors que la philosophie en *hub* semble avoir un impact positif sur le niveau de productivité des compagnies aériennes, les alliances aéronautiques ont un impact négatif significatif avec un coefficient de -0,222. Certaines études ont montré l'impact positif sur le taux d'occupation des avions et donc indirectement sur le niveau de pro-

ductivité. Il est important de comprendre que dans une philosophie en *hub*, les alliances sont très importantes pour la survie des compagnies aériennes sachant que ces dernières mises sur les alliances afin d'acheminer les passagers le cas échéant à leurs destinations finales. Une philosophie en *point to point* nécessite également des alliances mais à une moindre mesure à cause du fait qu'une compagnie aérienne optant pour cette philosophie a un rayonnement national et international beaucoup plus vaste.

Le deuxième modèle développé permet d'évaluer l'impact des routes aériennes sur le niveau de productivité des compagnies aériennes. Par ces différents impacts, il est possible de déterminer si une des philosophies est plus adéquate que l'autre sur certaine route aérienne.

Dans un premier temps, on constate que les variables additionnelles — les différentes routes — ont un impact significatif, ce qui nous incite à croire que les résultats du premier modèle sont peut-être biaisés. Toutefois, si biais il y a, on constate que la philosophie en *point to point* ainsi que les alliances aéronautiques conservent un impact négatif significatif sur le niveau de productivité avec des coefficients respectivement de -2,290 et -0,129. Nos résultats confirment donc que les philosophies aériennes ont un impact sur le niveau de productivité. La philosophie en *point to point* semble associée à un faible coefficient de chargement (en anglais, *Load factor*), ce qui implique une sous-utilisation des inputs quasi-fixes qui mène directement à une baisse de productivité. Le fait que les coefficients soient modifiés indique la présence de biais. Pour cette raison, le modèle 2 sera retenu aux fins de la discussion.

Dans un deuxième temps, il est possible de remarquer que les routes Asie-Amérique du Nord et Amérique du Nord-Asie n'ont pas un impact positif sur le niveau de productivité. En effet, le coefficient et la statistique de Student (Stat-t) associés à la route Amérique du Nord-Asie sont respectivement de -0,628 et de -6,63, tandis que dans le sens inverse les résultats sont de -2,919 pour le coefficient et de -8,13 pour le niveau de significativité. La non productivité sur ces lignes peut s'expliquer par une croissance très forte de ces lignes sur la période 1985-2010 soit de 7 % par année entre 1985-2005 et de 6 % entre 2005-2010 prévu par l'OACI. Le problème découle de la présence d'un nombre relativement important de compagnies aériennes opérant sur ces lignes. Mais

avec l'océan pacifique entre les deux régions, les destinations en Amérique du Nord se limitent essentiellement à Los Angeles et San Francisco. Seules les compagnies aériennes du Japon et de la Corée du Sud peuvent atteindre la côte Est américaine sans escale. De ce fait, il est possible de mettre en avant l'idée d'une sur-concurrence entre l'Amérique du Nord et l'Asie.

Les routes Amérique du Nord-Europe et Europe-Amérique du Nord ont un impact positif sur le niveau de productivité. Le coefficient associé à la route Amérique du Nord-Europe est de 0,387 avec une significativité de 5,39 et la route Europe-Amérique du Nord a un coefficient de 0,280 ainsi qu'une significativité de 8,01. Ces deux routes révèlent un niveau de productivité sur ces dernières qui est non-négligeable et qui explique le problème d'un encombrement du ciel entre l'Amérique du Nord et l'Europe. Une philosophie en *hub* pourrait à l'heure actuelle contribuer à un allègement du trafic aérien en utilisant de gros porteurs entre les *hubs* européens et américains. Le *point to point* serait efficace à condition que la technologie suive, comme il a déjà été mentionné en intégrant dans le cockpit un système permettant le *free flight*.

L'impact des routes Europe-Asie et Asie-Europe sur le niveau de productivité est différent. En effet, la route Europe-Asie est associée à un coefficient de -0,453 et un niveau de significativité de -8,03, tandis que la route Asie-Europe a un coefficient de 3,034 et une significativité de 8,16. La différence d'impact sur le niveau de productivité peut s'expliquer par l'environnement entre les compagnies aériennes asiatiques et les compagnies européennes. En effet, la marge de rentabilité est moindre pour les compagnies aériennes européennes qui font face à un niveau de vie plus important en Europe qu'en Asie donc des dépenses en salaires plus importantes. De plus, selon le classement des compagnies aériennes en terme de performance de qualité du service, l'organisation Skytrax pour l'année 2011 [2] a décerné les cinq étoiles (meilleure note) à Singapore Airlines, Asiana Airlines, Cathay Pacific, Hainan Airlines et Qatar Airways soit à quatre compagnies aériennes asiatiques et une en provenance du Moyen-Orient. Ce genre de

2. Site officiel de Skytrax. http ://www.airlinequality.com/StarRanking/5star.htm [vu le 16.03.12 à 16h02]

classement a un impact significatif sur le choix des compagnies aériennes par les passagers surtout quand les prix pratiqués sont identiques d'une compagnie aérienne à une autre sur la même route.

En ce qui concerne, les routes intra-régions, il est intéressant de constater que ces routes ont un impact négatif sur le niveau de productivité des compagnies aériennes européennes et asiatiques, alors qu'en Amérique du Nord le niveau de signification n'est pas atteint (-0,67 > -1,96). Pour la région Asie, cet impact négatif peut s'expliquer par un niveau de développement trop restreint tel qu'en Chine mais aussi à l'opposé une concurrence très importante sur certaines routes. En effet, par exemple, la route Beijing-Hong Kong est très intense. La compagnie chinoise China Southern Airlines déploie ces nouveaux A380 sur cette route alors que la durée du vol est de seulement 3 h 30. Le cas européen s'explique par une multitude de routes opérées par les compagnies aériennes nationales et les *low-cost*. L'Europe malgré le fait d'être considéré comme ayant adopté une philosophie en *hub*, a cependant une vision plus en *point to point* au sein de sa région à cause de la superficie relativement petite contrairement aux autres régions. L'impact de cette philosophie au niveau local est négatif comme l'indiquent les résultats. Idéalement, les compagnies aériennes opérant des vols vers l'extérieur de l'Europe devrait opter pour une philosophie en *hub* et donc faire transiter tous les vols par les *hubs* et développer des alliances auprès des compagnies *low-cost* pour les vols où le transit par les *hubs* ne seraient pas nécessaire. Les routes intra-Amérique du Nord sont dans un premier abord non significative. Pourtant, en calculant la corrélation entre les différentes routes et la philosophie en *point to point*, il est possible de constater que la corrélation entre cette dernière et les routes intra-Amérique du Nord est très élevée atteignant un niveau de corrélation de l'ordre de 0,994. Ce niveau de corrélation montre que quasiment la totalité de l'explication des routes intra-Amérique du Nord est absorbée par le type de philosophie, soit en l'occurrence celle du *point to point*.

D'après les résultats économétriques, les routes associées à un coefficient négatif signifie qu'il y a trop de RPK alloué par les compagnies aériennes d'une région sur une route en particulier. En d'autre terme, une même route, indépendamment de la demande, peut supporter un certain nombre de passager-kilomètre. Passé ce niveau, la route devient

moins productive, ce qui se traduit par des coefficients négatifs dans les régressions économétriques. Les transporteurs aériens d'une région sujettent à une sur-allocation de RPK doivent indépendamment du contexte actuel dans lequel ils se trouvent, faire des choix stratégiques en termes de rotation sur les lignes ainsi que sur le choix du type d'avion. En effet, si une compagnie aérienne opère deux avions sur une même ligne, elle peut envisager la suppression d'une de ces deux lignes et mettre un gros porteur sur la ligne restante. Elle peut également augmenter le nombre de lignes mais en opérant des avions de moindre capacité. En d'autres termes, les résultats économétriques sur les routes donnent une indication de l'état des lignes, c'est-à-dire une sur-allocation ou une sous-allocation du nombre de RPK. En se basant sur l'état actuel des lignes, les compagnies aériennes, indépendamment de leurs propres situations, s'adapteront en modifiant les rotations ainsi que le type d'avions nécessaire pour ajuster le nombre de RPK sur les lignes de façon optimale.

4.3 L'impact monétaire de la politique aérienne

Le choix philosophique du *point to point* a un impact monétaire de -2.29 % sur le revenu passager et sur le revenu fret/autres. Autrement dit, il y a un manque à gagner de 2.29 %.

Afin de déterminer l'influence en terme monétaire du choix philosophique, il suffit dans un premier temps de calculer le revenu passager et le revenu fret/autres que les compagnies aériennes évoluant en *point to point* auraient pu avoir si elles évoluaient en *hub*.

$$Revenu\ passager_{hub} = Revenu\ passager_{point\ to\ point} * (1 + 2,29\ \%) \tag{4.3}$$

$$Revenu\ fret/autres_{hub} = Revenu\ fret/autres_{point\ to\ point} * (1 + 2,29\ \%) \tag{4.4}$$

Dans un deuxième temps, en faisant la différence entre le revenu potentiel en *hub* avec

le revenu réel en *point to point*, nous déterminons ainsi l'impact monétaire du choix philosophique.

La perte associée au choix philosophique du *point to point* pour les six compagnies aériennes nord-américaines en 2010 est résumée dans le tableau 4.3.

Tableau 4.3 L'impact monétaire du choix philosophique

En 2010	Perte sur le revenu passager (en millions de dollars canadiens)	Perte sur le revenu fret/autres (en millions de dollars canadiens)
Air Canada	172,57	24,88
Continental Airlines	238,85	31,69
American Airlines	359,83	58,12
US Airways	197,30	27,18
Delta Air Lines	513,87	84,78
United Air Lines	382,66	55,26

Dans le tableau 4.3, on remarque que l'impact du choix philosophique en terme monétaire sur le revenu passager se situe entre 172,57 et 382,66 millions de dollars canadiens et allant même jusqu'à plus d'un demi milliard pour Delta Air Lines en 2010. La perte liée au revenu fret et autres se situe entre 24,88 et 84,78 millions de dollars canadiens.

Cependant, le choix de la philosophie aérienne a un impact sur la demande. En effet, une philosophie en *hub* est synonyme de transit pour les passagers. Or, les passagers provenant et allant des régions de plus faible densité risquent de faire abstraction du transport aérien et privilégier un autre type de transport afin d'éviter le transit. De ce fait, si le *hub* se généralise, le secteur aéronautique risque de connaître une baisse de la demande. En prenant en considération ce fait, la perte associée au choix de la philosophie en *point to point* serait en réalité moins conséquente.

CONCLUSION

À la lumière des résultats empiriques de cette étude, il est possible de constater que la philosophie en *point to point* a un impact négatif sur le niveau de productivité des compagnies aériennes. Cependant, l'impact, en termes de coefficient, est relativement faible. En effet, le coefficient d'impact d'une philosophie en *point to point* est de -2,290, mais il est significatif.

Malgré le fait d'arriver à une conclusion statistiquement significative, l'étude en question a néanmoins des limites.

La première limite est en rapport aux données. Ces dernières sont issues de différentes hypothèses permettant ainsi leurs homogénéisations. Bien que les hypothèses utilisées soient raisonnables, cela a quand même des répercussions incertaines sur les résultats. En effet, dans le cas de la maintenance, l'indice de quantité est construit par rapport au prix d'un avion neuf ainsi qu'avec le lien du coût par siège et le nombre de sièges qu'il y a dans les avions. De ce fait, cet indice de quantité perçoit mal l'idée du vieillissement du capital fixe, soit les avions. Autrement dit, une compagnie aérienne qui renouvelle régulièrement sa flotte paiera un prix identique sa maintenance, par rapport aux compagnies aériennes qui conservent pendant plus de vingt ans leurs appareils. Par contre, les résultats sur les niveaux de productivité des compagnies aériennes sont tout à fait cohérents avec la littérature spécialisée dans le domaine aéronautique.

La deuxième limite est l'hypothèse de base du modèle, soit que toutes les compagnies aériennes sont efficientes. À cause de la difficulté initiale de réunir les vingt compagnies aériennes de cette présente étude, la méthode DEA (*Data Envelopment Analysis*), mis en avant par Charnes *et al.* (1994), fut écartée. En effet, cette méthode d'analyse permet l'abandon de l'hypothèse d'efficience des compagnies aériennes mais elle nécessite une grande base de données pour avoir des résultats significatifs contrairement à l'indice de productivité.

Finalement la dernière limite se situe au niveau des tests économétriques. L'impact du choix de la philosophie par les compagnies aériennes sur le niveau de productivité démontre que ce dernier est faible. Par cette faiblesse, il a été nécessaire de diminuer le nombre de variables explicatives afin de conserver un niveau de significativité acceptable, soit de 95 %.

Cependant, cette étude permet d'avoir une première idée concernant l'impact du choix philosophique sur le niveau de productivité des compagnies aériennes et sur la perte en terme de revenu associée à ce choix qui est de l'ordre de plusieurs centaines de millions de dollars canadiens. Impact qui devrait être plus important si une compagnie aérienne choisit de façon plus franche l'une ou l'autre des philosophies. Le problème actuellement est qu'aucune compagnie aérienne au monde n'est franchement dans une philosophie de *hub* ou de *point to point*. Une compagnie aérienne naissante utilise un seul type d'avion afin de réaliser des économies d'échelles sur la formation, sur la maintenance, etc. Arrivé à un certain niveau de développement, l'ajout d'un nouveau type d'avion dans la flotte n'a presque plus d'impact. La question qu'il est intéressante de se poser est de savoir si une compagnie aérienne a atteint un certain de niveau de développement pour envisager l'adoption des deux philosophies dans sa stratégie aéronautique. La seule façon de savoir si c'est le cas serait que les compagnies aériennes poussent au maximum l'adoption de l'une ou l'autre des philosophies. Le groupe Air France-KLM travaille présentement sur le concept d'une filiale *low-cost* afin d'éviter au maximum le transit par l'aéroport Roissy Charles de Gaulle. Les deux solutions proposées sont soit d'une part passer par la filiale *low-cost* du groupe c'est-à-dire la compagnie aérienne Transavia, soit d'autre part par la création d'une nouvelle entité qui opérera sur les routes où Transavia n'y est pas [3]. Si une des deux solutions est adoptée, il sera très intéressant de voir l'impact que cela aura sur le niveau de productivité du groupe Air France-KLM. En effet, Air France agira quasiment dans une philosophie en *hub* dans la mesure où les vols internes et internationaux aux couleurs d'Air France seront essentiellement à destination et au

3. La tribune. http ://www.latribune.fr/entreprises-finance/services/transport-logistique/20120322trib000689826/les-deux-scenarios-low-cost-d-air-france-.html. Vu le 02.04.12

départ de Roissy Charles de Gaulle. De plus en plus, face à l'influence grandissante des compagnies aériennes de type *low-cost*, les compagnies aériennes "traditionnelles" tendent à développer leur propre compagnie *low-cost*. La compagnie aérienne espagnole Iberia a effectué son premier vol *low-cost* sous l'identité Iberia Express fin mars 2012.
Le secteur aéronautique est continuellement en changement, soit à cause de l'évolution des mœurs, prendre l'avion aujourd'hui devient aussi commun que de prendre le train ou le bus pour se déplacer ; soit également à cause de l'évolution technologique. Ce dernier aspect prend une place importante dans le choix futur de la philosophie à adopter. Aujourd'hui, il ressort qu'une philosophie en *hub* occasionne un impact positif sur le niveau de productivité des compagnies aériennes mais il n'est pas à exclure que la philosophie en *point to point* puisse avoir un impact d'une part positif sur le niveau de productivité mais d'autre part plus important qu'une philosophie en *hub* si on prend en considération l'évolution technologique et la croissance sans cesse du nombre de passagers, mais également la croissance de la demande de nouvelles routes. En guise d'exemple, il est possible de mettre en avant le vol quotidien d'American Airlines [4] entre Raleigh en Caroline du Nord, ville comptant 385 507 habitants en 2009 [5], et la ville de Londres au Royaume-Uni.
Ces prochaines années risquent d'être fort intéressante sur le choix philosophique que les compagnies aériennes devront prendre.

4. Information provenant du site d'American Airlines. www.aa.com.

5. Données venant du site officiel de la ville de Raleigh, NC. http ://www.raleighnc.gov/.

ANNEXE

Les statistiques descriptives pour les deux outputs (passager et fret/autres), pour les quatre inputs (personnel, carburant, maintenance et autres dépenses), les parts des quatre dépenses dans les dépenses totales et la proportion des dépenses sur les revenus sont résumés dans les tableaux suivants.

Légende :

1. Max : maximum
2. Min : minimum
3. Moy : moyenne
4. RPK : Revenu passager kilomètre
5. RTK : Revenu tonne kilomètre

Tableau A.1 Output : Revenu passager

	Prix de 1 RPK (en $ CA)			RPK (en millions)		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Air Canada	0,127	0,090	0,102	83484,51	63673,54	75061,37
Continental Airlines	0,134	0,080	0,103	135681,85	95216,60	115289,46
American Airlines	0,141	0,078	0,101	224428,90	187639,39	205612,35
Singapore Airlines	0,080	0,053	0,067	91485,20	64685,20	78152,70
Cathay Pacific	0,092	0,062	0,075	96588,00	42774,00	67081,45
Thaï Airways	0,078	0,055	0,072	61615,00	41347,00	50754,09
China Southern Airlines	0,121	0,073	0,089	111328,00	21653,00	56965,55
Lufthansa	0,187	0,064	0,109	187000,10	88570,00	120259,81
British Airways	0,068	0,029	0,045	123197,00	100112,00	111289,27
Emirates Airlines	0,092	0,064	0,079	146134,00	20468,00	70599,09
All Nippon Airways	0,189	0,126	0,158	62593,00	55617,00	58694,00
SAS	0,230	0,116	0,161	46770,00	23519,00	34442,27
Turkish Airlines	0,176	0,084	0,112	47950,00	15679,00	25788,27
US Airways	0,134	0,091	0,112	98591,39	60826,61	84849,23
Japan Airlines	0,168	0,112	0,138	104813,23	81055,10	92891,62
China Eastern Airlines	0,111	0,074	0,087	93152,76	14101,14	40497,20
Delta Air Lines	0,128	0,072	0,093	310874,60	163697,24	206272,33
United Air Lines	0,123	0,083	0,095	204278,35	161698,44	183545,08
Iberia	0,150	0,044	0,085	54229,00	40470,00	47300,82
Air France	0,187	0,053	0,101	209060,00	93355,00	161002,45

Tableau A.2 Output : Revenu fret et autres

	Prix de 1 RTK (en $ CA)			RTK (en millions)		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Air Canada	0,810	0,506	0,630	3052,38	1307,66	2099,41
Continental Airlines	0,975	0,568	0,690	1730,04	1339,78	1565,45
American Airlines	1,011	0,588	0,725	3669,30	2665,07	3324,31
Singapore Airlines	0,362	0,126	0,217	7995,60	5668,20	6960,64
Cathay Pacific	0,566	0,309	0,412	10175,00	3938,00	6778,55
Thaï Airways	0,825	0,385	0,531	2895,00	1690,00	2049,45
China Southern Airlines	0,132	0,063	0,088	13104,00	2613,00	6769,18
Lufthansa	1,650	0,482	0,883	10491,50	7081,50	8239,89
British Airways	0,331	0,115	0,200	4954,00	4033,00	4601,82
Emirates Airlines	0,195	0,119	0,160	22078,00	3310,00	11130,64
All Nippon Airways	0,998	0,525	0,787	7682,34	4397,68	5545,80
SAS	0,313	0,155	0,214	5496,00	3050,00	4089,55
Turkish Airlines	0,397	0,096	0,193	5894,00	1968,00	3116,27
US Airways	2,712	0,916	1,578	1187,34	374,13	687,81
Japan Airlines	0,637	0,222	0,501	15697,36	13082,49	14318,80
China Eastern Airlines	0,552	0,292	0,418	4308,47	905,92	2038,44
Delta Air Lines	1,077	0,605	0,832	3792,65	2026,90	2481,93
United Air Lines	1,093	0,489	0,766	3505,01	2579,77	3152,39
Iberia	1,729	0,587	1,068	1314,00	850,00	1037,07
Air France	0,719	0,277	0,418	11438,00	5117,00	9019,22

Tableau A.3 Input : Dépense en personnel

	Salaire annuel moyen (en M $ CA)			Nombre d'employés		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Air Canada	0,081	0,056	0,064	45123,00	22900,00	30859,09
Continental Airlines	0,108	0,063	0,084	44200,51	37680,00	40679,39
American Airlines	0,118	0,068	0,087	111600,00	78250,00	92913,64
Singapore Airlines	0,081	0,060	0,071	14418,00	13572,00	14009,36
Cathay Pacific	0,096	0,057	0,075	21592,00	14328,00	17420,27
Thaï Airways	0,034	0,027	0,030	27285,00	25516,00	26204,91
China Southern Airlines	0,019	0,013	0,016	65085,00	15837,00	34449,82
Lufthansa	0,087	0,031	0,053	117066,00	69523,00	96528,55
British Airways	0,040	0,024	0,031	65640,00	37595,00	49658,73
Emirates Airlines	0,070	0,049	0,058	30258,00	7571,00	18512,45
All Nippon Airways	0,093	0,055	0,072	33045,00	27422,00	30290,64
SAS	0,127	0,078	0,100	35506,00	14862,00	26659,27
Turkish Airlines	0,052	0,030	0,044	14206,00	10239,00	11479,55
US Airways	0,152	0,059	0,091	43467,00	21486,00	31662,55
Japan Airlines	0,134	0,065	0,096	54885,00	45000,00	49653,09
China Eastern Airlines	0,019	0,010	0,013	57096,00	13000,00	30457,18
Delta Air Lines	0,126	0,049	0,093	84306,00	51322,00	71103,36
United Air Lines	0,149	0,070	0,095	102000,00	46000,00	62909,09
Iberia	0,083	0,036	0,056	27607,00	20103,00	24067,91
Air France	0,091	0,040	0,061	106933,00	64717,00	91266,00

Tableau A.4 Input : Dépense en carburant

	Prix du litre du fuel (en $ CA)			Quantité de kérosène (en millions de litre)		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Air Canada	0,729	0,333	0,490	4310,70	3350,27	3777,59
Continental Airlines	0,897	0,320	0,508	5938,17	4758,26	5401,33
American Airlines	0,760	0,322	0,482	12469,14	9391,60	10946,38
Singapore Airlines	0,705	0,320	0,460	6196,35	2687,07	3863,64
Cathay Pacific	1,076	0,241	0,477	9539,24	1907,85	4193,52
Thaï Airways	0,705	0,320	0,460	3305,88	2308,31	2768,60
China Southern Airlines	0,705	0,320	0,460	5619,58	1734,03	3130,18
Lufthansa	5,985	3,687	4,427	805,81	429,80	561,37
British Airways	0,705	0,280	0,425	3186,06	1710,30	2328,63
Emirates Airlines	0,705	0,320	0,460	7419,32	925,04	3410,79
All Nippon Airways	0,705	0,320	0,460	5456,28	2750,38	4256,64
SAS	0,770	0,329	0,484	2500,03	1472,32	1995,39
Turkish Airlines	0,658	0,316	0,454	2458,25	1021,35	1513,04
US Airways	0,719	0,302	0,445	4796,12	3187,32	4038,35
Japan Airlines	0,705	0,320	0,460	9607,68	4859,64	7166,25
China Eastern Airlines	0,705	0,320	0,460	5168,33	1245,55	2534,83
Delta Air Lines	0,609	0,264	0,396	14585,19	8971,42	10634,94
United Air Lines	0,803	0,317	0,479	11738,56	7351,27	9018,57
Iberia	0,658	0,316	0,454	2785,15	1360,97	1911,47
Air France	0,658	0,316	0,454	7816,76	4826,40	6298,78

Tableau A.5 Input : Dépense en maintenance

	Indice de prix			Indice de quantité		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Air Canada	666,422	309,094	506,345	1,33	0,96	1,08
Continental Airlines	558,741	257,591	438,736	2,05	0,99	1,45
American Airlines	1527,952	856,273	1131,026	1,27	0,98	1,10
Singapore Airlines	964,883	280,641	515,677	1,00	0,71	0,86
Cathay Pacific	1102,189	733,401	892,511	1,00	0,49	0,75
Thaï Airways	341,704	251,248	301,489	1,00	0,79	0,90
China Southern Airlines	1699,461	651,610	1097,471	1,00	0,17	0,54
Lufthansa	1770,295	489,160	952,638	1,00	0,58	0,72
British Airways	594,369	177,079	352,892	1,19	1,00	1,09
Emirates Airlines	525,172	194,088	314,950	1,00	0,17	0,54
All Nippon Airways	1142,299	598,038	944,993	1,05	0,91	0,96
SAS	434,270	258,842	344,669	1,30	1,00	1,15
Turkish Airlines	459,667	202,321	293,122	1,00	0,36	0,56
US Airways	692,776	321,192	544,492	1,12	0,83	0,99
Japan Airlines	1219,523	739,272	882,910	1,13	0,70	0,99
China Eastern Airlines	729,526	355,066	544,084	1,00	0,29	0,51
Delta Air Lines	1496,695	914,531	1232,352	1,10	0,63	0,83
United Air Lines	920,972	597,809	800,463	1,45	1,00	1,19
Iberia	406,016	124,158	236,261	1,21	0,94	1,09
Air France	2148,748	695,631	1060,678	1,00	0,48	0,77

Tableau A.6 Input : Autres dépenses

	Prix (=Indice implicite du prix du PIB)			Indice de quantité		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Air Canada	1,251	1,000	1,123	5461,00	3535,66	4139,90
Continental Airlines	1,251	1,000	1,123	5856,91	4438,03	5197,22
American Airlines	1,251	1,000	1,123	12166,67	5098,26	7639,79
Singapore Airlines	1,251	1,000	1,123	3070,80	1913,43	2321,98
Cathay Pacific	1,251	1,000	1,123	2214,19	1167,03	1685,49
Thaï Airways	1,251	1,000	1,123	1812,47	1079,58	1495,78
China Southern Airlines	1,251	1,000	1,123	3161,29	1091,27	1915,11
Lufthansa	1,251	1,000	1,123	17268,83	7328,19	10526,98
British Airways	1,251	1,000	1,123	4301,25	1164,84	2276,01
Emirates Airlines	1,251	1,000	1,123	4587,19	1260,07	3011,20
All Nippon Airways	1,251	1,000	1,123	10421,36	5429,07	7291,73
SAS	1,251	1,000	1,123	4871,61	2079,53	3402,64
Turkish Airlines	1,251	1,000	1,123	1567,78	605,99	1018,65
US Airways	1,251	1,000	1,123	6930,28	4323,98	5273,87
Japan Airlines	1,251	1,000	1,123	14002,93	9013,45	11452,13
China Eastern Airlines	1,251	1,000	1,123	3264,78	895,15	1723,40
Delta Air Lines	1,251	1,000	1,123	14115,98	6278,18	8582,80
United Air Lines	1,251	1,000	1,123	13165,24	6099,82	8812,96
Iberia	1,251	1,000	1,123	3860,54	1227,10	2163,65
Air France	1,251	1,000	1,123	9389,16	4765,80	6735,56

Tableau A.7 Part des dépenses en personnel et en carburant

	Part des dépenses en personnel dans les dépenses totales (en %)			Part des dépenses en carburant dans les dépenses totales (en %)		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Air Canada	31,68	16,32	22,07	29,72	13,19	20,73
Continental Airlines	35,97	17,95	27,18	35,94	12,24	21,80
American Airlines	43,21	25,34	35,11	34,32	13,19	23,40
Singapore Airlines	19,65	13,15	17,37	46,12	19,00	30,28
Cathay Pacific	32,43	12,65	23,83	52,20	20,43	30,74
Thaï Airways	22,08	14,08	19,76	41,20	22,31	31,36
China Southern Airlines	12,19	9,82	11,01	37,69	24,60	30,67
Lufthansa	28,30	20,80	24,92	19,65	8,18	13,07
British Airways	32,80	24,02	29,29	32,53	9,80	19,43
Emirates Airlines	21,98	13,54	17,62	33,42	12,52	23,57
All Nippon Airways	19,64	14,53	16,78	21,59	10,94	14,59
SAS	38,43	29,43	33,71	17,07	7,97	12,52
Turkish Airlines	25,32	14,13	20,66	40,23	14,13	27,68
US Airways	38,26	14,48	25,67	23,49	8,98	16,35
Japan Airlines	27,08	14,89	21,79	18,05	12,19	14,73
China Eastern Airlines	14,30	7,80	10,24	36,59	24,09	30,49
Delta Air Lines	45,61	14,25	31,42	25,68	11,91	19,62
United Air Lines	43,23	16,43	28,42	29,42	11,91	20,65
Iberia	31,02	22,58	28,00	28,65	12,64	18,21
Air France	36,07	29,86	32,40	24,04	11,51	17,53

Tableau A.8 Part des dépenses en maintenance et des autres dépenses

	Part des dépenses en maintenance dans les dépenses totales (en %)			Part des autres dépenses dans les dépenses totales (en %)		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Air Canada	7,52	3,93	6,01	56,09	48,07	51,19
Continental Airlines	7,37	3,70	4,93	52,56	42,40	46,08
American Airlines	6,40	4,56	5,38	39,93	33,41	36,11
Singapore Airlines	12,58	4,20	7,57	53,94	36,53	44,77
Cathay Pacific	13,78	8,41	11,85	38,41	26,73	33,59
Thaï Airways	7,45	5,00	6,86	49,91	34,28	42,02
China Southern Airlines	15,46	7,96	11,50	50,92	42,36	46,82
Lufthansa	3,93	2,55	3,18	61,07	56,79	58,82
British Airways	8,67	5,36	6,96	51,92	37,86	44,31
Emirates Airlines	4,08	1,58	2,59	61,45	49,40	56,23
All Nippon Airways	8,40	5,58	6,95	67,55	53,69	61,69
SAS	6,08	3,68	5,19	51,96	42,66	48,58
Turkish Airlines	7,34	4,98	6,21	65,95	36,08	45,45
US Airways	6,22	3,68	4,80	58,41	43,53	53,18
Japan Airlines	4,36	3,19	4,04	64,77	56,31	59,44
China Eastern Airlines	10,74	4,77	7,59	56,04	43,28	51,68
Delta Air Lines	5,62	3,47	4,70	60,48	35,93	44,26
United Air Lines	5,93	3,47	4,57	49,97	41,38	46,35
Iberia	6,66	3,85	5,26	51,06	44,86	48,53
Air France	5,73	3,37	4,46	50,09	40,36	45,60

Tableau A.9 Proportion des dépenses totales sur les revenus totaux

	Proportion des dépenses dans les revenus		
	MAX	**MIN**	**MOY**
Air Canada	1,07	0,95	1,01
Continental Airlines	1,08	0,89	1,00
American Airlines	1,11	0,87	1,01
Singapore Airlines	0,95	0,76	0,87
Cathay Pacific	1,03	0,63	0,75
Thaï Airways	1,07	0,70	0,85
China Southern Airlines	1,11	0,69	0,90
Lufthansa	1,17	0,95	1,05
British Airways	1,02	0,88	0,92
Emirates Airlines	1,01	0,84	0,91
All Nippon Airways	1,07	0,90	0,97
SAS	1,32	1,14	1,24
Turkish Airlines	0,90	0,67	0,78
US Airways	1,27	0,97	1,08
Japan Airlines	1,29	0,97	1,09
China Eastern Airlines	1,42	0,80	0,94
Delta Air Lines	1,48	0,83	1,05
United Air Lines	1,30	0,91	1,06
Iberia	1,16	0,93	1,01
Air France	1,06	0,89	0,95
L'ensemble des vingt compagnies aériennes de 2000 à 2010	1,48	0,63	0,97
Interprétation des résultats: si la valeur est supérieur à 1, la compagnie aérienne est déficitaire et inversement.			

BIBLIOGRAPHIE

Barla, P., et S. Perelman (1989). « Technical efficiency in airlines under regulated and deregulated environments », *Université de Liège*, pp. 103-124.

Caves, D. W., L. R. Christensen, W. E. Diewert (1982). « Multilateral comparisons of output, input, and productivity using superlative index numbers », *The Economic Journal*, Vol. 92, No. 365, pp. 73-86.

Charnes, A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin, L. M. Seiford (1994). « Data Envelopment Analysis : Theory, Methodololy and Application », *Kluwer Academic Publishers.*

Davies, D.G. (1971). « The efficiency of public versus private firms, the case of Australia's two airlines », *Journal of Law and Economics*, Vol. 14(1), pp. 149-165.

De Bosset, A., J. Fenner, G. Matthey, O. Thommen (2007). « Quel avenir pour le transport aérien ? », *École Polytechnique Fédérale Lausanne.*

Fan, T., L. Vigeant-Langlois, C. Geissler, B. Bosler, J. Wilmking (2001). « Evolution of global airlines strategic alliance and consolidation in the twenty-first century », *Journal of Air Transport Management*, pp. 349-360.

Good, D.H., L.-H. Röller et R.C. Sickles (1995). « Airline efficiency differences between Europe and the US : Implication for the pace of EC integration and domestic regulation », *European Journal of Operational Research 80*, pp. 508-518.

Holloway, S. (2008). « Straight and Level : Pratical Airlines Economics », *Publication Ashgate.*

Inglada, V., B. Rey, A. Rodríguez-Alvarez, P. Coto-Millan (2005). « Liberalisation and efficiency in international air transport », *Transportations Research Part A*, pp. 95-105.

Irwin, D. A., N. Pavcnik (2004). « Airbus versus Boeing revisited : international competition in the aircraft market », *Journal of International Economics 64*, pp. 223-245.

Jiang, H., R.J. Hansman (2006). « An analysis of profit cycles in the airline industry », *Massachusetts Institute of Technology.*

Organisation de l'Aviation Civile Internationale (2007). « Perspectives du transports aérien d'ici à l'an 2025 », *Publication de l'OACI.*

Oum, T.H., et C. Yu (1995). « A productivity comparison of the world's major airlines », *Journal of Air Transport Management*, Vol. 2, No. 3/4, pp. 181-195.

Varian, H. (1992). « Microeconomics analysis, 3ième édition », *W. W. Norton and Company.*

Vasigh, B., K. Fleming, T. Tacker (2008). « Introduction to air transport economics : from theory to applications », *Publication Ashgate.*

Windle, R. J. (1991). « The World's Airlines : A cost and productivity comparison », *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 25, No. 1, pp. 31-49.