

L'analyse de la productivité des transporteurs aériens canadiens dans les années soixante-dix : pour un autre plan de vol

Anne Beaulieu, Michel Patry et Jacques Raynauld

Volume 65, numéro 2, juin 1989

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/601488ar>
DOI : <https://doi.org/10.7202/601488ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (imprimé)
1710-3991 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Beaulieu, A., Patry, M. & Raynauld, J. (1989). L'analyse de la productivité des transporteurs aériens canadiens dans les années soixante-dix : pour un autre plan de vol. *L'Actualité économique*, 65(2), 183–207.
<https://doi.org/10.7202/601488ar>

Résumé de l'article

De nature exploratoire, cette étude mesure et explique l'évolution de la productivité totale des facteurs, calculée selon la méthode de Divisia, pour sept transporteurs aériens canadiens au cours de la période 1970-80. S'inspirant de travaux récents en analyse des séries chronologiques, l'approche retenue diffère de la méthodologie conventionnelle et relie l'évolution de la productivité du secteur aérien aux tendances séculaire et cyclique de la production intérieure brute du Canada.

L'ANALYSE DE LA PRODUCTIVITÉ DES TRANSPORTEURS AÉRIENS CANADIENS DANS LES ANNÉES SOIXANTE-DIX: POUR UN AUTRE PLAN DE VOL*

Anne BEAULIEU
Michel PATRY
Jacques RAYNAULD
École des Hautes Études Commerciales**

RÉSUMÉ – De nature exploratoire, cette étude mesure et explique l'évolution de la productivité totale des facteurs, calculée selon la méthode de Divisia, pour sept transporteurs aériens canadiens au cours de la période 1970-80. S'inspirant de travaux récents en analyse des séries chronologiques, l'approche retenue diffère de la méthodologie conventionnelle et relie l'évolution de la productivité du secteur aérien aux tendances séculaire et cyclique de la production intérieure brute du Canada.

ABSTRACT – This exploratory study attempts to measure and explain the evolution of productivity of seven Canadian air carriers over the 1970-80 period. Based on recent work on time series analysis, and in contrast to the conventional approach, this paper links measured productivity to the potential and cyclical components of the Canadian gross domestic product.

I. INTRODUCTION

De nature surtout exploratoire, cette étude vise à mesurer et à décrire l'évolution de la productivité totale des facteurs (*PTF*) des principaux transporteurs nationaux (Air Canada et C.P. Air) et régionaux (Eastern, Nordair, PWA, Québécoir et

* Cette recherche a fait l'objet d'une présentation lors du 28e Congrès annuel de la Société canadienne de Science économique, tenu au Manoir du Lac Delage, les 18, 19 et 20 mai 1988. Nous tenons à remercier Paul Davenport, Gilles Larin et deux commentateurs anonymes pour leurs suggestions et Sonia Léveillé qui, par sa persévérance, a initié cette recherche. Le soutien financier a été assuré par le Fonds Canadien Pacifique.

** Institut d'économie appliquée

Transair) canadiens pour la période 1970-1980 inclusivement. L'évolution de la *PTF* est-elle prévisible? Est-elle lisse, suivant l'évolution séculaire du PIB, ou la *PTF* se comporte-t-elle de façon erratique, en faisant des sauts subits suivis d'une stagnation plus ou moins prolongée? La productivité des transporteurs est-elle reliée aux cycles économiques? Les facteurs qui influencent la *PTF* sont-ils les mêmes pour tous les transporteurs?

Ces questions que nous nous proposons d'aborder se distinguent nettement des préoccupations des études précédentes (Caves, Christensen et Tretheway (1981) pour les États-Unis; Roy et Cofsky (1984) et Gillen, Oum et Tretheway (1987) pour le Canada) qui cherchaient à établir une relation entre la *PTF* et des facteurs propres aux opérations de chaque transporteur. Nous visons plutôt à déterminer si la productivité des transporteurs aériens peut être «expliquée» ou interprétée comme une manifestation du développement technologique qui sous-tend l'évolution séculaire et cyclique de l'économie canadienne et si toutes les entreprises du secteur sont influencées de façon identique par la croissance réelle de l'économie. Nous tenons cependant compte de certains facteurs spécifiques aux entreprises, tels l'existence de grèves, de modes de propriété différents et de caractéristiques d'opération.

Notre approche diffère aussi par la méthodologie économétrique retenue qui s'inspire de travaux récents en analyse des séries chronologiques (Nelson et Plosser, 1982; Perron, 1987). Comme elle évite d'imposer trop de structure, notre avenue occupe une position intermédiaire entre l'analyse descriptive conventionnelle des *PTF* d'une part, et l'analyse économétrique passant par l'estimation des fonctions de coûts d'autre part.

Nous apportons également un soin tout particulier à la mesure de l'intrant capital ainsi qu'à la mesure du coût d'usage du capital puisque nous sommes en présence d'un secteur particulièrement intensif en capital et que les études canadiennes précédentes n'apparaissent pas avoir traité cet intrant d'une manière qui nous satisfasse.

2. MÉTHODOLOGIE UTILISÉE POUR MESURER LA PRODUCTIVITÉ

Nous retenons ici la méthode de productivité totale des facteurs de Divisia, méthode privilégiée dans la plupart des travaux et plus particulièrement ceux portant sur des entreprises à intrants et extrants multiples. Décrite dans Diewert (1981), Denny, Fuss et Waverman (1981) et Ouellette et Lasserre (1985), cette méthode a l'avantage d'être relativement facile d'application tout en offrant une bonne première approximation de la progressivité des entreprises sans exiger l'estimation des paramètres.

La méthode de Divisia, qui est nettement supérieure au plan théorique au calcul de la productivité partielle de chaque facteur¹, pose que la productivité totale des

1. L'indice de *PTF* correspond d'assez près à la notion théorique en économie de «niveau de technologie». Le taux de changement de la *PTF* est en fait directement relié à une réduction des coûts de production contrairement aux indices partiels de productivité communément employés, tel la production par heure-homme. Roy et Cofsky (1984) comparent les indices partiels et l'indice Divisia pour plusieurs transporteurs canadiens.

facteurs est égale au rapport d'un indice d'extrant agrégé, Y_t , à un indice d'intrant agrégé, X_t :

$$PTF_t = Y_t / X_t \quad (1)$$

où « t » est un indice temporel. Le progrès technique, σ , qui correspond à une intensification de l'usage des facteurs de production par suite de l'application de nouvelles découvertes, de l'introduction de nouvelles méthodes de production, etc... est alors approximé par le taux de croissance de la PTF :

$$\sigma = (d PTF / dt) / PTF_t = d \ln PTF. \quad (2)$$

Puisque les entreprises en présence produisent plusieurs extrants à l'aide d'un vecteur d'intrants, Y_t et X_t sont des agrégats dont les taux de croissance sont définis par l'approximation discrète de Törnqvist:

$$d \ln Y_t = \ln(Y_t / Y_{t-1}) = 1/2 \sum_j (r_{jt} + r_{j,t-1}) \ln(y_{jt} / y_{j,t-1}), \quad (3)$$

$$d \ln X_t = \ln(X_t / X_{t-1}) = 1/2 \sum_i (r_{it} + r_{i,t-1}) \ln(x_{it} / x_{i,t-1}), \quad (4)$$

où y_{jt} est la quantité produite de l'extrant j au temps t et x_{it} est la quantité utilisée de l'intrant i au temps t , tandis que r_{jt} est la part des revenus de l'entreprise attribuable à l'extrant j à la période t et r_{it} est la part des dépenses totales de l'entreprise que représente l'intrant i à la même période. On obtient une approximation discrète du taux de croissance de la productivité en combinant (2), (3) et (4):

$$d \ln PTF_t = d \ln Y_t - d \ln X_t. \quad (5)$$

Dans cette étude, Y_t est l'indice agrégé de quatre ou cinq extrants, selon les compagnies, soit des extrants «messagerie et courrier», «passagers», «vols nolisés», «marchandise» et «vols spécialisés» (pour Nordair seulement)². X_t est un agrégat de quatre intrants: «personnel», «capital», «carburant» et «matériel». Pour chaque extrant et intrant, et pour chacun des sept transporteurs, un indice de prix et un indice de quantité sont construits selon la méthode de Divisia. L'indice de personnel est lui-même un indice Divisia de six catégories différentes de personnel; l'indice agrégé des quantités de carburant est obtenu en transformant en BTU les différentes sources de carburant utilisées et l'indice du «matériel» est un agrégat de toutes les catégories de dépenses non couvertes par les trois autres intrants.

La mesure de l'intrant capital a fait l'objet d'un traitement particulier qui tranche nettement par rapport aux études canadiennes précédentes. Tout comme Caves *et al.* (1981), nous avons recueilli des données sur la flotte de chaque transporteur ainsi que sur le prix de chaque type d'aéronef (voir l'Appendice). La quantité de l'intrant capital est un indice implicite obtenu en divisant le coût total d'usage de la flotte d'avions par un indice Divisia des coûts d'usage de chaque type d'avions. Ceci permet de contourner un épineux problème associé au calcul d'un indice de quantité Divisia qui n'est pas défini lorsque la quantité d'une composante de l'agrégat est zéro. Or il est fréquent qu'une compagnie ne possède aucun avion d'un

2. La procédure exacte d'agrégation des extrants et intrants est décrite à l'Appendice.

type particulier. Par contre, le coût d'usage de chaque type d'avion est toujours disponible ou peut être estimé. Nous calculons par conséquent le coût d'usage associé à chaque type d'avion, et appliquons ce vecteur de coûts à la flotte de chaque transporteur pour obtenir la dépense totale en capital de chaque entreprise. Puis nous calculons un indice agrégé du prix du capital pour chaque transporteur et trouvons un indice implicite de la quantité de capital. Nous faisons l'hypothèse habituelle que les services du capital sont proportionnels au stock de capital. La formule suivante est utilisée pour calculer le coût d'usage de chaque type d'avion:

$${}_a v_m = q_m ({}_a r_t + {}_a \delta_t), \quad (6)$$

où «*a*» est un indice propre au transporteur, «*n*» un indice des types d'avion, ${}_a v_m$ est le coût d'usage du capital-avion de type *n* à la période *t*, q_m est le prix d'acquisition d'un avion de type *n*, ${}_a r_t$ est le coût d'opportunité du capital de l'entreprise *a* et ${}_a \delta_t$ est une mesure du taux de dépréciation des aéronefs de l'entreprise *a*. Notre mesure du coût d'opportunité du capital prend en compte la structure financière de chacune des entreprises mais néglige l'impact de la fiscalité. Nous travaillons présentement à la construction d'une série pour le coût du capital qui comprend des paramètres fiscaux.

Contrairement aux études américaines et canadiennes précédentes, le coût d'option du capital et le taux de dépréciation sont définis de façon spécifique à chaque entreprise. δ est généralement posé égal à zéro dans le domaine du transport aérien à cause de la très longue durée de vie utile des aéronefs. Nous préférons notre procédure qui consiste à imputer un certain nombre de dépenses salariales au poste «entretien des avions» à titre de mesure de la valeur économique des ressources qui doivent être dépensées pour maintenir en état de fonctionner la flotte d'aéronefs de chaque entreprise; ${}_a \delta_t$ est alors défini comme le rapport de ces dépenses salariales d'entretien à la valeur des aéronefs. Un coup d'oeil au Tableau 1 révèle que les taux de dépréciation ainsi calculés sont raisonnables et ne sont pas constants à travers les compagnies.

Il est bien connu³ que le taux de croissance de la productivité calculé selon la méthode de Divisia, σ , ne mesure le progrès technique compris dans le sens d'un déplacement vers l'extérieur de la frontière des possibilités de production de l'entreprise ou d'un déplacement vers le bas de la fonction de coûts du transporteur que si (a) la technologie des entreprises étudiées est caractérisée par des rendements constants à l'échelle; (b) les entreprises minimisent leurs coûts; (c) les entreprises sont «price-taker» sur tous les marchés et, enfin, (d) tous les facteurs de production sont variables. Alternativement, il est possible de décomposer la croissance de la *PTF* en croissance attribuable au progrès technique, aux économies d'échelle, au pouvoir de marché et à l'utilisation des facteurs fixes. Ceci exige cependant que l'on puisse obtenir économétriquement une mesure de l'importance relative de chacune de ces composantes.

3. Voir Denny, Fuss et Waverman

TABLEAU 1
 TAUX DE DÉPRÉCIATION DU CAPITAL
 1970-1980

Année	Air Canada	C.P. Air	Eastern	Nordair	P.W.A.	Québécois	Transair
1970	.100454	.099493	.056231	.029299	.051032	.082566	.023530
1971	.086097	.055010	.052679	.017907	.044802	.068235	.008488
1972	.088790	.065350	.058413	.017008	.061349	.049237	.006417
1973	.094568	.055595	.047621	.020466	.046492	.042910	.012093
1974	.097722	.062703	.056231	.042912	.043202	.027157	.027774
1975	.092285	.066447	.055034	.039130	.040200	.047974	.023858
1976	.092765	.069072	.061404	.041890	.053526	.050039	.047769
1977	.095963	.072789	.072561	.044042	.062454	.046353	.050023
1978	.096021	.078406	.078157	.035292	.086579	.041337	.047423
1979	.079284	.095652	.080421	.034201	.059060	.055604	(a)
1980	.072606	.085135	.076798	.026455	.076325	.046440	(a)

NOTE : (a) Transair a été acquis par P.W.A. en 1979.

Or nous ne pouvons, avec la banque de données à notre disposition, estimer la fonction de coût de chacun des transporteurs sans imposer un très grand nombre de restrictions *a priori*. Est-il alors raisonnable de procéder comme nous proposons de le faire et d'étudier la *PTF* des transporteurs en l'interprétant comme un indice de leur productivité? Il nous semble que cette position est défendable dans le cas des transporteurs aériens canadiens. Notons en premier lieu que les transporteurs nationaux qui auraient pu posséder un certain pouvoir de marché, étant donné la forte concentration de cette industrie, étaient effectivement réglementés au cours des années soixante-dix et ne contrôlaient donc qu'imparfaitement leur prix. Quant aux économies d'échelle, elles ne semblent pas substantielles dans l'industrie du transport aérien. Caves *et al.* (1981; p. 68) opinent que la plupart des études américaines concluent que les rendements à l'échelle, s'il en est, sont probablement modestes, tandis que du côté canadien, les études économétriques de R. Roy (1980) et de Gillen *et al.* (1987) ne peuvent rejeter l'hypothèse de rendements constants à l'échelle. Enfin, nous introduisons dans l'analyse empirique une variable mesurant le taux d'utilisation de la capacité dans le but d'identifier l'effet sur la productivité mesurée des changements dans ce taux⁴. Nous pensons donc être justifiés de croire que l'évolution des *PTF* nous révèle, quoiqu'approximativement, l'évolution du progrès technique dans l'industrie du transport aérien au Canada.

3. UNE PREMIÈRE ANALYSE

La valeur de la *PTF*, pour chaque année, et pour tous les transporteurs est reportée au Tableau 2, et sur les Graphiques de la *PTF*. C'est PWA qui enregistre le taux annuel moyen de croissance de la productivité le plus élevé avec 4,6%; viennent ensuite Transair (4,32%), Eastern (3,77%), C.P. Air (3,70%), Québécoir (3,67%), Air Canada (3,14%) et, enfin, Nordair (2,37%). L'industrie canadienne du transport aérien dans son ensemble a connu une croissance annuelle moyenne de la productivité de 3,65%, un taux légèrement inférieur à celui de l'économie dans son ensemble (4,5%), tel que mesuré par la croissance du Produit Intérieur Brut (PIB).

L'examen du Tableau 2 et des graphiques de la *PTF* révèle également que le comportement de la productivité des deux transporteurs nationaux est fort semblable: les deux entreprises ont des taux de croissance moyens de la *PTF* comparables, quoique C.P. Air apparaisse quelque peu plus productive⁵; et l'évolution de leur *PTF* semble suivre une courbe prévisible, relativement sans à-coups. Par contre, l'évolution des *PTF* des transporteurs régionaux semble plus hétérogène et plus erratique, c'est-à-dire caractérisée par des hausses et des baisses plus radicales. Le

4. Les auteurs qui ont cherché à expliquer l'évolution de la *PTF* dans le secteur aérien aux États-Unis ou au Canada ont fréquemment inclus une telle variable au nombre des régresseurs (voir, par exemple Caves *et al.*, 1981; et Gillen *et al.*, 1987). Nous suivons en cela une pratique courante. Alternativement, il est possible de «corriger» le calcul de *PTF* comme le suggèrent Denny *et al.* (1981) et Ouellette et Lasserre (1985), mais cette procédure exige que la fonction de coût de l'entreprise soit estimée.

5. C'est un résultat qu'ont aussi obtenu Gillen *et al.* (1987) et Roy et Cofsky (1984).

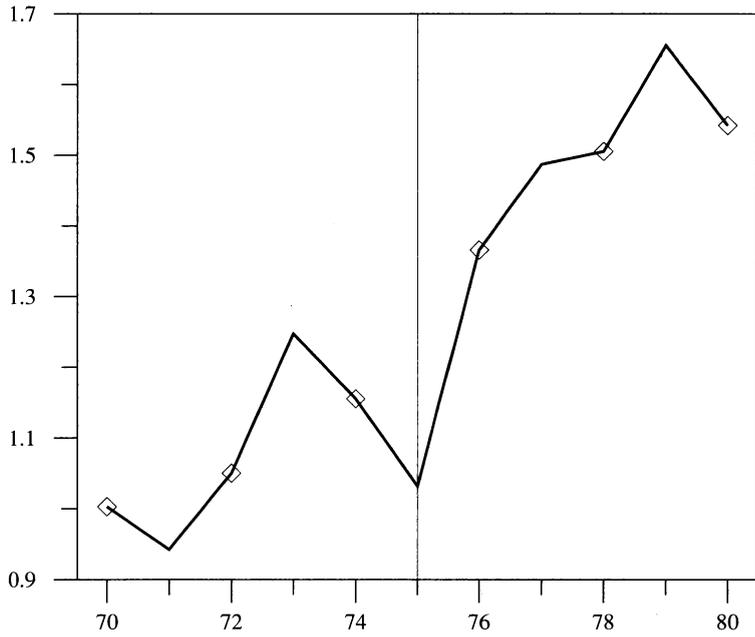
TABLEAU 2
PRODUCTIVITÉ TOTALE DES FACTEURS (*PTF*)
1970-1980

Année	Air Canada	C.P. Air	Eastern	Nordair	P.W.A.	Québécois	Transair
1970	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
1971	.972420	1.014389	1.072665	1.052706	1.038940	1.096747	.941979
1972	1.110506	1.092605	1.028752	1.029012	1.273104	1.250834	1.044270
1973	1.197831	1.104682	1.085408	.982201	1.329635	1.350319	1.249621
1974	1.165402	1.123322	1.163045	.937252	1.312460	1.376593	1.152735
1975	1.164772	1.195191	1.235531	1.096282	1.250100	1.514730	1.030662
1976	1.222625	1.258932	1.166351	1.060940	1.315828	1.489543	1.362612
1977	1.318921	1.373048	1.220268	1.280042	1.495625	1.502627	1.484265
1978	1.333670	1.449520	1.373105	1.144178	1.679790	1.380334	1.501806
1979	1.397596	1.416295	1.420906	1.275350	1.494672	1.430380	1.65164*
1980	1.369515	1.448114	1.457649	1.267759	1.585565	1.443740	1.54013*

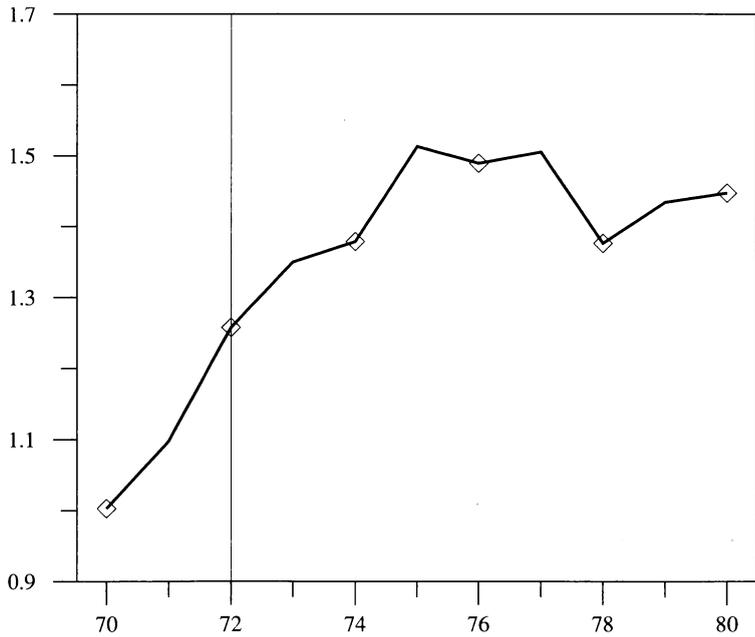
NOTE : * Transair ayant été acquis par P.W.A. en 1979, les données pour ce transporteur n'étaient pas disponibles et ont été interpolées à partir d'une régression sur les *PTF* de tous les autres transporteurs.

GRAPHIQUES DE LA PTF

PTF - TRANSAIR

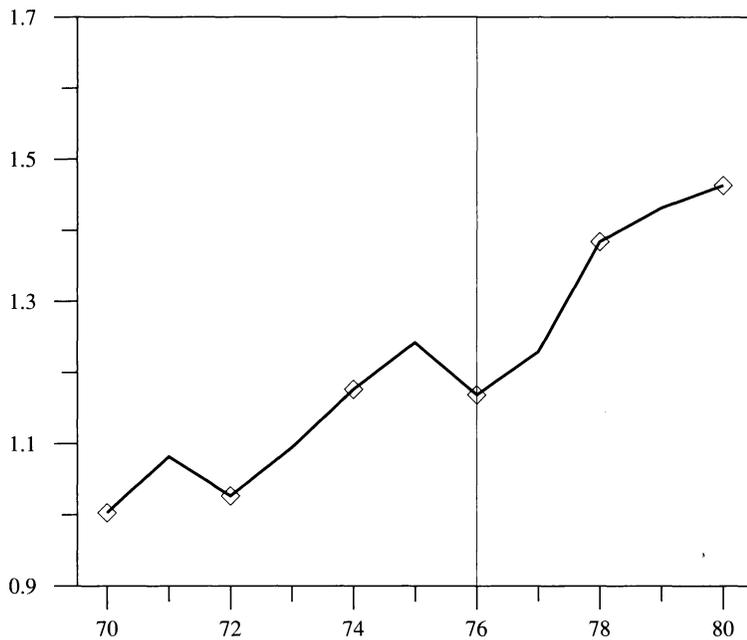


PTF - QUÉBÉCAIR

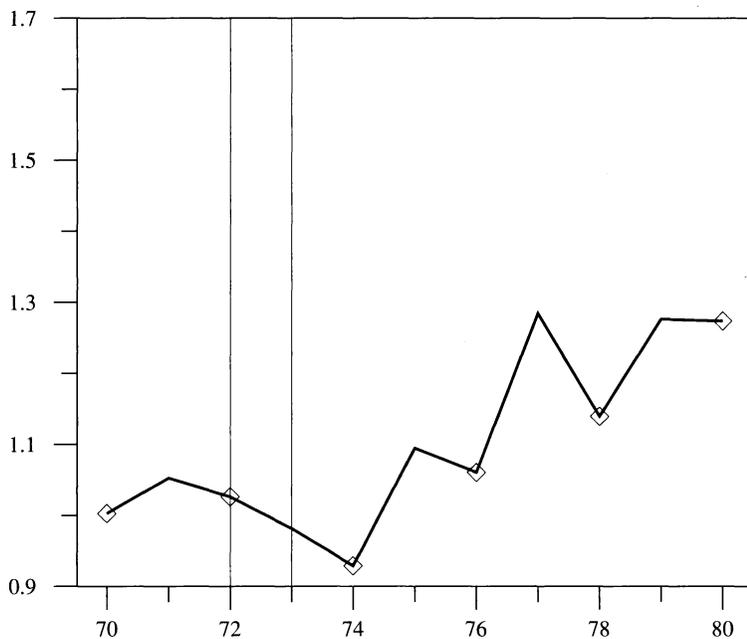


GRAPHIQUES DE LA PTF (suite)

PTF - EASTERN

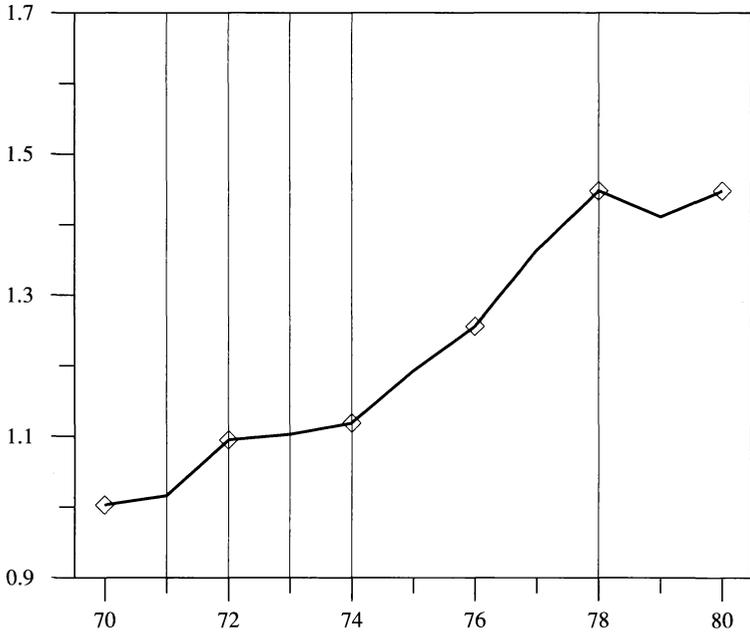


PTF - NORDAIR

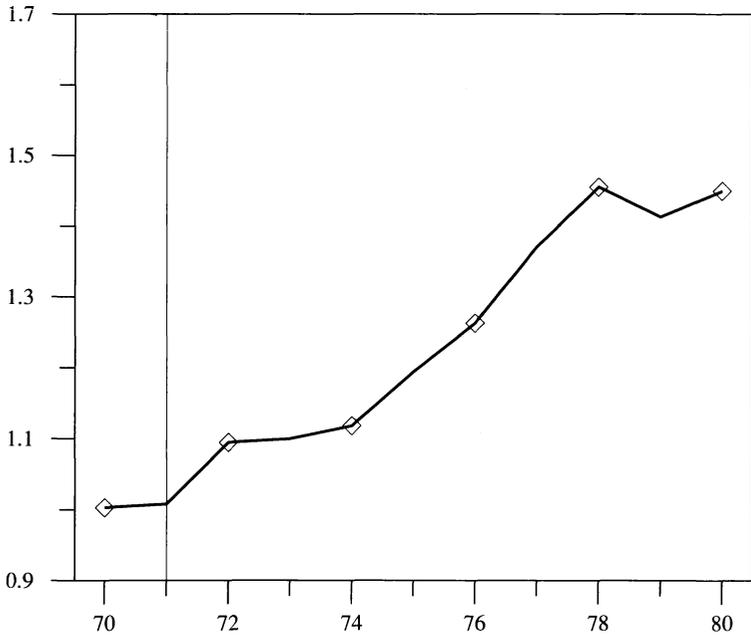


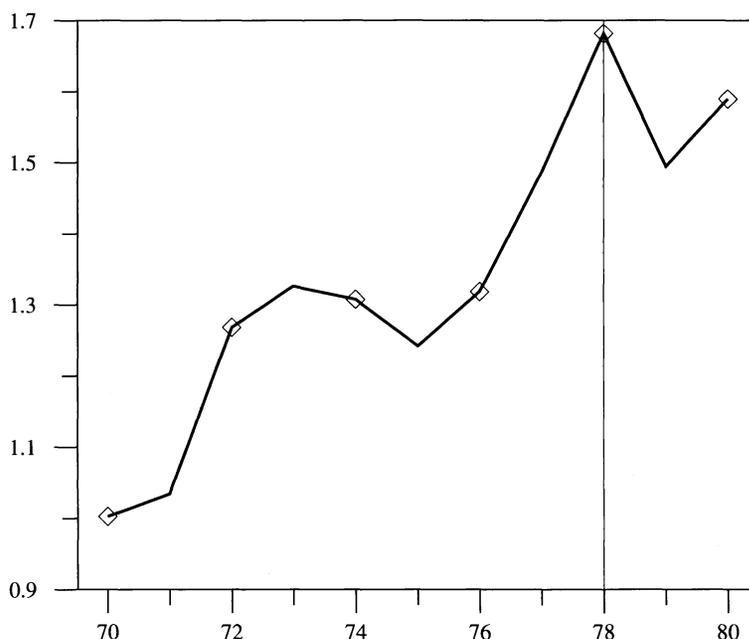
GRAPHIQUES DE LA PTF (suite)

PTF - AIR CANADA



PTF - C.P. AIR



GRAPHIQUES DE LA *PTF* (suite)*PTF* - PWA

comportement de la productivité de Québecair, en particulier, apparaît très irrégulier. Cette entreprise a connu de nombreux changements importants à partir de 1975, dont une diversification de ses opérations vers le sud des États-Unis et l'Europe. Enfin, il appert que les grèves qui ont secoué les entreprises au cours des années soixante-dix pourraient avoir eu une incidence sur la productivité des transporteurs (les grèves sont représentées par un trait vertical sur les graphiques).

4. L'APPROCHE ÉCONOMÉTRIQUE

Afin de caractériser de façon plus précise l'évolution de la *PTF* de chacun des transporteurs nous spécifions un modèle économétrique qui accorde une attention particulière aux composantes tendancielle et cyclique tout en incorporant la plupart des variables retenues dans les autres études. Plus spécifiquement, nous posons:

$$PTF_t = \alpha_0 + \alpha_1 PTF_{t-1} + \alpha_2 FIPB_t + \alpha_3 DIPB_t + \alpha_4 CUC_t + \alpha_5 DME_t + \alpha_6 G_t + \alpha_7 P_t + e_t \quad (7)$$

où (a) PTF_{t-1} est la valeur retardée de la *PTF*. Les travaux récents en économétrie des séries chronologiques (Granger et Newbold, 1974; Nelson et Plosser, 1982) montrent que l'inclusion d'une telle variable est essentielle. Son oubli entraîne des biais importants et conduit souvent à l'identification de relations fictives. De plus,

la valeur de α_1 permet de déterminer si les chocs de productivité ont un impact temporaire ($-1 < \alpha_1 < 1$) ou permanent ($\alpha_1 = 1$ ou -1), lisse ($0 < \alpha < 1$) ou erratique ($-1 < \alpha_1 < 0$).

(b) *FIPIB* est un indice de la tendance séculaire du PIB potentiel canadien obtenu en régressant le PIB sur une constante et un indice temporel, et allouant un changement de pente en 1974 (suite au choc pétrolier; voir Perron, 1987). Nous posons l'hypothèse que la productivité des transporteurs canadiens est fondamentalement déterminée par la croissance de l'économie canadienne. Nous pensons que cette variable fournit une base de comparaison naturelle pour juger du rythme de croissance de la productivité d'un transporteur (voir Slade, 1987, qui utilise la croissance de la production industrielle afin d'expliquer l'évolution de la productivité du secteur minier). Par exemple, un estimé de α_2 supérieur à l'unité indique une croissance de la productivité supérieure à celle observée dans l'ensemble de l'économie. L'inclusion de *FIPIB* est aussi très importante du point de vue de l'estimation puisque les tests sur la nature du comportement tendanciel de la PTF reposent sur l'analyse conjointe des coefficients de *FIPIB* et de PTF_{t-1} . Si $-1 < \alpha_1 < 1$, on dira que la *PTF* est une variable stationnaire par rapport à une tendance, c'est-à-dire que l'évolution de la *PTF* ne s'écarte pas trop de la tendance séculaire de l'économie. Un choc de productivité provoquerait une déviation temporaire, la *PTF* revenant, après un court délai, au sentier de croissance de l'économie. Un coefficient $\alpha_1 = 1$ ou -1 indique que la *PTF* est stationnaire en première différence: le taux d'augmentation de la *PTF* n'est pas régulier mais change de période en période. Un choc exercera alors un effet permanent; la *PTF* n'épousera pas l'évolution à long terme de *FIPIB* mais s'en écartera de façon significative⁶.

(c) *DIPIB* est un indice du cycle économique égal à la différence, en pourcentage, entre le PIB effectif et le PIB potentiel⁷. L'estimateur du paramètre α_3 mesure la sensibilité de la productivité des transporteurs aux cycles économiques;

(d) *CUC* est un indice du taux d'utilisation de la capacité en charge des aéronefs de chacun des transporteurs égal au rapport du nombre de sièges payants à la capacité totale (en sièges) des transporteurs. *CUC* peut influencer sur l'évolution de la productivité puisque le coût marginal d'augmenter la capacité d'utilisation en charge est très faible alors que l'effet sur l'extrait est appréciable;

6. Le cadre d'analyse proposé ici s'inspire des travaux de Dickey et Fuller (1979), Nelson et Plosser (1982) et Perron (1987) mais ne constitue pas un test formel des caractéristiques tendanciennes des séries. Il est intéressant de noter que selon Nelson et Plosser, la plupart des variables macroéconomiques appartiennent à la catégorie des variables stationnaires en première différence. En ajustant les tests pour prendre en compte les chocs majeurs qui ont affecté l'économie, Perron obtient plutôt que les séries sont stationnaires par rapport à une tendance. A notre connaissance, ce type d'analyse n'a jamais été effectué dans le contexte de données micro-économiques comme les nôtres. Dans notre cas, comme dans Perron, on ne peut rejeter l'hypothèse que le PIB suive une tendance avec changement de pente.

7. Précisément, $DIPIB_t = \ln IPIB_t - \ln FIPIB_t$, où *IPIB* est un indice du PIB. Tirés de Perron (1987), nos tests montrent qu'il est statistiquement acceptable de construire la variable cyclique de cette façon.

(e) *DME* est la distance moyenne d'étape, en milles. On s'attend généralement à ce qu'une hausse de la distance moyenne d'étape soit accompagnée d'une hausse de la productivité à cause des coûts «fixes» associés aux décollages et atterrissages⁸;

(f) G_1 et G_2 sont des variables binaires représentant l'effet des grèves sur la PTF. Dans le cas d'Air Canada, à cause du grand nombre de grèves⁹, nous avons utilisé une variable continue représentant le pourcentage de jours-personne perdus par rapport à l'effort de travail total potentiel;

(g) P_t est une variable binaire égale à l'unité pour les années où la propriété d'un transporteur était privée. La variable P_t n'apparaît que dans deux équations estimées: celles de Nordair et de PWA. La première entreprise passa du secteur privé au secteur public en 1978 lorsque Air Canada en fit l'acquisition, tandis que PWA, qui était aussi à l'origine une entreprise privée, passa entièrement sous contrôle public en 1974 quand le gouvernement albertain acquit tout son capital-action¹⁰;

(h) e_t est un terme d'erreur ayant les propriétés habituelles.

Nous anticipons un signe positif pour les paramètres estimés des variables *FIPIB*, *DME* et *CUC*. Les signes des estimateurs associés aux variables PTF_{t-1} et *DIPIB* ne peuvent à notre avis être déterminés *a priori*. Étant donné le peu d'observations disponibles, nous estimons les sept équations conjointement à l'aide de la méthode «SUR» de Zellner; cette technique exploite à fond toute l'information contenue dans les termes d'erreur qui sont manifestement corrélés entre compagnies. La période d'estimation va de 1971 à 1980, soit 10 observations. Nous omettons 1970 de l'estimation à cause de la présence de la variable dépendante retardée à droite dans l'équation (7).

À l'encontre de plusieurs études traitant de la productivité, nous omettons une mesure de l'extrant agrégé comme régresseur dans (7) pour les raisons suivantes: premièrement, nous supposons que les rendements à l'échelle sont constants, ce qui devrait éliminer l'influence de l'évolution de l'extrant sur l'évolution de la *PTF*; deuxièmement, nous disposons de relativement peu d'observations et devons par conséquent limiter le nombre de régresseurs; et, troisièmement, les indices d'extrant agrégé sont très fortement corrélés à la mesure du PIB potentiel: leur inclusion risquerait donc de créer un problème de multicollinéarité.

8. Douglas et Miller (1976) ont trouvé une corrélation négative entre les coûts d'opération des transporteurs aux États-Unis et la *DME*. Les résultats de Roy et Cofsky (1984) et de Gillen *et al.* (1987), pour l'industrie canadienne, vont généralement dans le même sens mais Caves *et al.* (1981) ne trouvent aucune relation de ce type dans leur étude des transporteurs américains.

9. Il faut cependant remarquer que, bien que nombreuses, les grèves à Air Canada ne perturbent pas beaucoup les opérations de l'entreprise à cause de leur ampleur relativement faible et de leur courte durée. En moyenne, les grèves à Air Canada représentent une perte d'environ 0.5% du potentiel annuel de la force de travail.

10. Les deux entreprises devaient revenir plus tard sous contrôle privé: Nordair en 1985 et PWA en 1983.

TABLEAU 3
RÉSULTATS DE L'ESTIMATION DU SYSTÈME
D'ÉQUATIONS (7) PAR SUR*

Entreprise	CONST.	P	G ₁	G ₂	PTF _{t-1}	FIPIB	DIPIB	CUC	DME	R ²	σ̂
Air Canada	-0.0928 (.56)	-	.2297 (.61)	-	-.3095 (3.81)	.9660 (4.38)	1.8843 (4.49)	0.0110 (8.06)	-.0002 (.34)	.99	.0264
C.P. Air	-1.0896 (2.92)	-	1.0494 (1.71)	-	-1.0474 (1.72)	1.5834 (3.22)	1.8964 (1.67)	0.0193 (2.77)	.0004 (1.64)	.97	.0488
Eastern	0.3537 (1.65)	-	-1.1119 (1.61)	-	0.3684 (1.10)	0.8016 (2.49)	0.0359 (0.03)	-0.0005 (0.12)	-0.0025 (1.23)	.94	.0647
Nordair	-0.3709 (7.90)	.1202 (5.20)	-0.4501 (7.90)	0.1412 (17.25)	-0.4089 (14.6)	0.4179 (14.47)	-7.0682 (31.33)	0.0034 (12.8)	0.0025 (26.85)	.99	.0191
P.W.A.	-3.1469 (23.53)	.0675 (7.98)	0.1612 (19.5)	-	0.4482 (13.10)	0.0982 (1.85)	0.9345 (3.53)	0.0291 (18.7)	0.0089 (21.6)	.99	.0023
Transair	-0.7694 (6.54)	-	-0.2102 (9.30)	-	-0.1530 (3.07)	2.2077 (18.2)	3.0737 (2.65)	0.0016 (0.98)	-0.0019 (7.49)	.99	.0428
Québecair	-.0767 (.43)	-	-0.1431 (5.26)	-	0.5668 (3.69)	-0.1703 (1.67)	-1.0169 (1.27)	0.0084 (2.97)	0.0019 (3.33)	.95	.0488

NOTE: * Les valeurs entre parenthèses sont celles du test t de Student.

TABLEAU 3 (SUITE)
MATRICE DE VARIANCE-COVARIANCE DES RÉSIDUS

Air Canada	1.0	0.58	-0.17	0.71	-0.88	0.55	-0.04
C.P. Air		1.0	0.28	0.69	-0.74	-0.27	-0.25
Eastern			1.0	-0.18	0.02	-0.75	0.41
Nordair				1.0	-0.62	0.31	-0.26
P.W.A.					1.0	-0.27	0.36
Transair						1.0	-0.06
Québecair							1.0

5. ANALYSE DES RÉSULTATS

Les résultats de l'estimation conjointe du système de sept équations sont résumés au Tableau 3. Nous remarquons en premier lieu que la qualité de l'ajustement est excellente dans l'ensemble, les R^2 allant de 0.94 à 0.99 (les valeurs prédites des *PTF* n'apparaissent pas sur les graphes car elles se confondent presque totalement aux valeurs observées). Des 21 coefficients dont le signe était théoriquement prévisible, soient ceux des variables *FIPIB*, *CUC* et *DME*, seulement cinq ont des signes pervers mais un seul de ces coefficients est statistiquement significatif: le coefficient de *DME* pour Transair. Treize coefficients statistiquement significatifs ont le signe attendu.

Une série de tests de Wald (voir le Tableau 4) permet une analyse plus précise de la spécification retenue. Nous pouvons en effet rejeter l'hypothèse que les coefficients de toutes les variables binaires de grève sont conjointement égaux à zéro, et similairement pour les coefficients des variables *P*, *PTF_{t-1}*, *FIPIB*, *DIPIB*, *CUC* et *DME*. Notons également qu'un examen de la matrice de variance-covariance des résidus suggère que les facteurs qui ont influencé la productivité des transporteurs à travers les termes stochastiques « e_t » ont exercé leur influence sur plusieurs entreprises simultanément.

Un examen des Tableaux 3 et 4 et les résultats de tests d'hypothèse de Wald sur l'égalité de certains coefficients suggèrent les conclusions suivantes:

(a) *L'évolution de la productivité des transporteurs aériens est fortement corrélée à celle du PIB potentiel. Les PTF de tous les transporteurs, sauf celle de Québecair pour qui le coefficient α_2 n'est pas statistiquement significatif, sont positivement reliées à l'évolution de FIPIB. Cinq des six coefficients positifs sont significatifs mais de valeur fort différente. Si un test d'égalité des coefficients pour cette variable ne conduit pas au rejet de l'hypothèse nulle pour Air Canada et C.P.*

TABLEAU 4
SOMMAIRE DES TESTS*

VARIABLES	TESTS				
	p-X ²	Somme	p-somme	égalité-régionaux	égalité-nationaux
Grèves	0,0	0,66	0,4	-	-
Propriété	0,0	0,18	0,0	-	-
PTF (t-1)=0	0,0	-	-	0,0	0,23
PTF (t-1)=1	0,0	-	-	-	-
Tendance	0,0	5,9	0,0	0,0	0,21
Cycle	0,0	6,8	0,0	0,0	0,99
Capacité	0,0	0,7	0,0	0,0	0,27
Distance	0,0	0,009	0,0	0,0	0,39
Tous les coefficients	-	-	-	0,0	0,03

NOTE : * «p-X²» correspond au seuil critique d'un test d'exclusion conjoint (pour toutes les équations) de la variable indiquée (sauf pour PTF (t-1)=1 où l'hypothèse nulle consiste à évaluer tous les coefficients à une valeur unitaire). Une valeur inférieure à 0,05 indique le rejet de l'hypothèse nulle à un seuil de 5%; «Somme» représente la valeur de la somme des coefficients (pour toutes les équations) de la variable indiquée; «p-somme» est le seuil critique du test-t de l'hypothèse que la somme est égale à zéro; «égalité-régionaux» donne le seuil critique du test d'égalité de tous les coefficients de la variable dans les équations régionales; «égalité-nationaux» donne le seuil critique du test d'égalité de tous les coefficients de la variable dans les équations nationales.

Air, une telle hypothèse doit définitivement être écartée pour les cinq transporteurs régionaux. L'évolution du progrès technologique serait par conséquent plus inégale dans le groupe des transporteurs régionaux que dans celui des transporteurs nationaux. La moyenne des coefficients associés à la variable *FIPIB* est aussi plus faible pour les entreprises régionales (0.67) que pour les deux compagnies nationales (1.27). Notons cependant que la *PTF* de l'industrie suit de très près l'évolution de la croissance de l'économie dans son ensemble avec une valeur moyenne pour α_2 de 0.97.

(b) *La productivité est un phénomène pro-cyclique pour le secteur du transport aérien.* Sauf pour Nordair et Québecair, la *PTF* de chacun des transporteurs se comporte de façon pro-cyclique, facette qui n'a pas, à notre connaissance, été discutée auparavant pour ce secteur. Les estimés de α_3 varient entre 0.03 et 3.07. Un tel comportement pourrait s'expliquer par la présence de facteurs quasi-fixes dont le taux d'utilisation augmenterait en période d'expansion. Le caractère quasi-fixe de ces facteurs pourrait être dû à la présence de coûts d'ajustement, de contrats de longue période ou à l'imperfection du marché de certains intrants, tel le capital-avions.

Il faut remarquer que si l'hypothèse de la présence de tels facteurs quasi-fixes s'avérait exacte, la mesure du progrès technique à l'aide de l'indice de Divisia s'en

trouverait biaisée; tout comme, par ailleurs, celle obtenue via l'estimation d'une fonction de coûts qui ne reconnaîtrait pas le caractère fixe ou quasi-fixe de ces intrants.

Enfin, notons que l'effet du cycle sur la productivité des transporteurs nationaux semble identique mais que cette hypothèse doit être rejetée pour les transporteurs régionaux.

(c) *Tantôt lisse, tantôt erratique, la PTF des transporteurs suit la tendance séculaire de l'économie, mais s'y ajuste de façon différente pour chaque entreprise.* Cinq des sept coefficients α_i , qui affectent PTF_{t-1} sont significatifs. Nous avons des coefficients positifs pour PWA (0.45) et Québécois (0.57), ce qui indique un comportement lisse de la PTF, et négatifs pour Air Canada (-0.31), Nordair (-0.41) et Transair (-0.15), suggérant plutôt une évolution erratique. Alors qu'il est difficile de rejeter l'hypothèse de l'égalité de ces coefficients pour les transporteurs nationaux, l'hypothèse équivalente en ce qui concerne les transporteurs régionaux doit encore une fois être rejetée. Nous pouvons aussi rejeter l'hypothèse que $\alpha_i=1$ pour toutes les entreprises¹¹. Ce dernier test revêt un intérêt particulier puisqu'il indique que la productivité des entreprises est stationnaire par rapport à une tendance séculaire et que les chocs de productivité ont un effet transitoire. Seule C.P. Air semble stationnaire en première différence, ce qui laisse croire à une grande persistance des chocs.

Ce dernier résultat suggère qu'il faille interpréter avec prudence les conclusions des études économétriques sur les déterminants de la productivité qui utilisent le taux de croissance de la productivité (donc « $d \ln PTF$ ») comme variable dépendante. Cette transformation impose en effet une certaine structure sur le comportement de la productivité, structure que nos résultats et nos tests ne permettent pas de confirmer¹².

(d) *La productivité augmente avec le taux d'utilisation de la capacité en charge et la distance moyenne d'étape.* Ces deux variables sont, avec une mesure de l'extrant, les principaux déterminants de la productivité identifiés par les études antérieures. Nos estimés confirment les résultats déjà établis. Prenons la mesure du coefficient d'utilisation en charge: Caves *et al.* (1981) et Roy et Cofsky (1984) ont trouvé une relation positive entre la PTF et CUC, tandis que Gillen *et al.* (1987) obtenaient des coefficients non significatifs et généralement négatifs pour cette variable. Nous obtenons une relation positive statistiquement significative dans cinq cas sur sept et une seule relation négative, mais très faible et non significative, pour Eastern. Du côté de la distance moyenne d'étape, alors que Roy et Cofsky et Gillen *et al.* trouvent généralement une relation positive et significative entre PTF et DME, Caves *et al.* n'aboutissent à aucune relation systématique entre productivité et distance moyenne d'étape. Ils imputent ce résultat à la présence d'une série

11. Il faut interpréter avec prudence ces résultats puisque le test utilisé n'a pas été corrigé pour les problèmes rencontrés dans les cas de racine unitaire (voir Stock et Watson, 1988). Notons aussi le peu d'observations utilisées.

12. Voir, par exemple, les analyses statistiques de Roy et Cofsky (1984; pp. 40-46) et certaines analyses de Caves *et al.* (1981).

de variables binaires représentant l'effet spécifique des entreprises sur la *PTF*. Nos résultats indiquent que pour trois transporteurs sur sept une hausse de la distance moyenne d'étape est accompagnée d'une hausse de la productivité, tandis que c'est le contraire qui semble se produire pour Transair. Il faut souligner qu'à l'opposé de toutes les études précédentes nous rejetons l'hypothèse que l'effet de ces deux variables sur la productivité des transporteurs est identique pour toutes les entreprises.

(e) *Les grèves n'ont pas toujours un effet négatif sur la productivité!* Les coefficients des variables binaires G_i sont généralement significatifs mais ont des signes tantôt positifs, tantôt négatifs. Il est intéressant de noter que les deux coefficients significatifs et positifs pour des grèves sont associés à des arrêts de travail qui *n'impliquaient pas* les machinistes: chez Nordair en 1973 et chez PWA en 1978, deux grèves du syndicat des Employés du transport aérien. À l'opposé, les grèves chez Transair (en 1975) et Québecair (en 1978), de même que la première grève à Nordair (en 1972), pour lesquelles les variables muettes sont négatives et fortement significatives, furent déclenchées par les machinistes. Nous pensons que l'effet d'une grève sur la productivité d'un transporteur dépend non seulement de sa durée mais aussi de sa nature. Une grève qui permet à un transporteur de maintenir son service régulier, en réduisant peut-être la qualité et en exigeant des autres employés qu'ils accomplissent le travail des grévistes, ne modifiera pas nécessairement de manière négative la productivité du transporteur (voire l'augmenterait si la mesure de l'intrant travail ne tenait compte que des heures ouvrées) à condition que la grève ne dure pas trop longtemps. Par contre, une grève des machinistes, qui paralyse à coup sûr la flotte d'aéronefs d'un transporteur, aura des conséquences néfastes sur la productivité¹³.

(f) *Les transporteurs canadiens qui sont passés du secteur privé au secteur public ont vu leur productivité décroître.* C'est du moins ce que l'expérience de Nordair et de PWA indique: les coefficients des variables binaires associées au mode de propriété sont tous deux positifs et significatifs. Ces variables prenaient une valeur positive pour les années d'opération dans le secteur privé. Il serait intéressant, si nous en avions les moyens, de vérifier si le retour au secteur privé quelques années plus tard fut accompagné par une hausse semblable de la productivité. Gillen *et al.* (1987) sont parvenus à une conclusion semblable en analysant la productivité d'Air Canada par une méthode fort différente et concluent que la propriété publique du transporteur a significativement réduit son efficience.

(g) *L'évolution de la productivité des transporteurs aériens canadiens est hétérogène.* Les deux dernières colonnes du Tableau 4 permettent très nettement de rejeter l'hypothèse que tous les paramètres α_i estimés sont égaux pour les transporteurs nationaux ou pour les transporteurs régionaux. Il appert que l'évolution de la productivité de chacun des transporteurs possède des caractéristiques qui lui sont

13. Nous notons que l'activité de grèves n'a pas eu d'impact significatif sur la *PTF* des transporteurs nationaux. Nous pensons que cela est attribuable à un problème de mesure: les grèves chez ces deux transporteurs sont de petite ampleur par rapport à leur taille.

propres. La méthodologie conventionnelle, qui est utilisée dans les trois études sur les transporteurs aériens que nous avons fréquemment citées, et qui postule un modèle économétrique pour analyser la productivité dans lequel seules des variables muettes spécifiques à chaque entreprise sont utilisées pour tenir compte des différences interfirmes nous apparaît donc déficiente.

6. CONCLUSION

Malgré le petit nombre d'observations à notre disposition, nous croyons être parvenus à caractériser d'une manière qui enrichit notre compréhension l'évolution de la productivité des transporteurs aériens canadiens mesurée par la méthode de l'indice de Divisia. Nos résultats laissent entrevoir que l'évolution de la productivité des entreprises du secteur aérien s'ajuste à la tendance séculaire du PIB, que cet ajustement se fait généralement de façon pro-cyclique, mais de manière différenciée pour chacune des entreprises. Il semble même qu'il soit statistiquement très difficile de regrouper tous les transporteurs nationaux ou régionaux pour les fins de l'analyse.

Nos résultats confirment cependant que la productivité des entreprises de transport aérien augmente avec le coefficient d'utilisation en charge et la distance moyenne d'étape. Les entreprises qui passent sous contrôle public semblent aussi devenir moins progressives.

Plusieurs questions d'intérêt ont été négligées dans le cadre de cette recherche, d'autres ont été suggérées par elle. Parmi les questions que nous n'avons pu traiter, on trouve l'impact de la réglementation sur la productivité et celui de possibles économies d'échelle ou de portée. Au nombre des questions que nous avons soulevées, mais auxquelles nous n'avons pu apporter de réponse vraiment satisfaisante, mentionnons l'analyse et la prise en compte de la présence de facteurs fixes ou quasi-fixes ou plus généralement la détermination des causes du comportement pro-cyclique de la productivité. Espérons que ces manques ne sont pas le signe d'une faible productivité de notre recherche mais plutôt celui de l'utilité de la démarche que nous suggérons. Nous préférons la seconde hypothèse à la première.

APPENDICE

DESCRIPTION ET SOURCE DES DONNÉES

1. LES EXTRANTS

Les données brutes concernant les extrants se regroupent à l'origine en sept catégories:

- services de transport de passagers,
- excédents de bagages,
- services de messagerie,
- services de courrier,
- services de marchandise (fret),
- vols nolisés (fretement),
- vols spécialisés.

Toutes les quantités de ces extrants sont mesurées en tonnes/milles payantes, à l'exception des vols spécialisés, dont l'unité de mesure est le nombre d'heures de vol. Étant donnée la nature de ce service, le nombre d'heures de vol apparaît une meilleure indication de la quantité de services offerte que les tonnes/milles payantes. Les statistiques disponibles fournissent pour chacune des catégories les revenus annuels, en dollars courants. Le prix de chacun des extrants est calculé en divisant les revenus par les quantités.

Un examen préliminaire des données nous incite toutefois à regrouper certaines de ces catégories afin d'éviter des biais potentiels attribuables à des particularités dans la comptabilisation des services de la part des compagnies. Par exemple, certaines compagnies indiquent des recettes d'excédents de bagages sans toutefois comptabiliser les quantités transportées, alors que d'autres ne comptabilisent pas cet extrant séparément du service de transport de passagers. Par conséquent, les données de transport de passagers et d'excédents de bagages (cette dernière catégorie demeure marginale dans l'ensemble) ont été agrégées. Cette agrégation est possible puisque l'unité de mesure de ces deux extrants est identique (tonne/milles payantes). Nous avons conservé à cette catégorie mixte l'appellation de services de *transport de passagers*.

Les services de messagerie et de courrier ont également été agrégés car ce sont des extrants de nature similaire et parce que quelques compagnies ont compilé différemment leurs données d'une année à l'autre. La quantité de ces extrants étant mesurée en tonne/milles payantes, l'addition pure et simple ne comporte donc pas de difficultés majeures. Ce second extrant mixte est baptisé *services de messagerie*.

Les données concernant le transport de marchandises (fret) ne présentant aucune anomalie, cet extrant a été conservé comme tel, sans regroupement. On fera référence à cet extrant par l'appellation services de *transport de marchandises*.

Les données se rapportant aux vols nolisés n'ont fait l'objet d'aucune agglomération préliminaire au calcul de l'indice global d'extrants. Nous les désignons par l'expression *services de fretement*.

Finalement, en ce qui a trait aux vols spécialisés, il faut souligner que cet extrant n'a été considéré dans l'agglomération des extrants que pour la compagnie Nordair. Étant donné soit l'inexistence soit l'importance plus que marginale de ce service pour certaines compagnies, ce qui entraîne une difficulté pour le traitement des quantités nulles, il nous est apparu plus approprié d'ignorer cette catégorie. Pour Nordair, lorsque l'on fait référence à cet extrant, on parlera de *services de vols spécialisés*.

L'agrégation, pour chacune des compagnies, de ces différents extrants en un seul indice de quantité a été effectuée par la méthode de Divisia. Le taux de croissance agrégé des quantités est donc estimé par une sommation des différents taux de croissance de chacun des extrants, pondérés par leur part dans le revenu total, tel qu'indiqué à l'équation (3) dans le texte. L'indice de quantité est normalisé à 1 pour l'année 1970. Il faut noter que notre définition des extrants repose sur

l'hypothèse implicite que la qualité des services est demeurée constante pendant la période d'observation. Nous ne pouvons évaluer cette hypothèse, ne disposant d'aucun indice de la qualité globale des services pour chacun des transporteurs.

Toutes les données sur les extrants, sans exception, proviennent de la publication 51-002, *Opérations des transporteurs aériens au Canada*, de Statistique Canada. (Tableau 3 pour les recettes et Tableau 4 pour les quantités).

2. LES INTRANTS

Quatre catégories d'intrant ont été retenues pour fin d'analyse;

- le personnel,
- le carburant,
- le matériel,
- le capital.

Chacun de ces intrants présente des particularités qu'il convient d'examiner.

2. a. *Le personnel*

Les données contenues dans la publication 51-002 de Statistique Canada concernant le personnel des compagnies aériennes sont désagrégées en six catégories:

- pilotes et co-pilotes,
- autre personnel naviguant,
- personnel d'administration,
- main-d'oeuvre d'entretien,
- personnel aux aéronefs et trafic,
- autre personnel.

L'unité de mesure de l'intrant personnel pour chacune de ces catégories est le nombre moyen d'employés par année. Il va de soi que dans une étude sur la productivité, il serait préférable de considérer le nombre d'heures travaillées au nombre moyen d'employés, surtout lorsque ce dernier englobe tant le personnel à temps plein que le personnel à temps partiel. Malheureusement, le manque de données nous contraint à utiliser le nombre moyen d'employés. Le biais potentiel ainsi occasionné est toutefois faible si le ratio des employés à temps plein par rapport aux employés à temps partiel est relativement constant dans le temps, de même que la durée moyenne de travail.

Le coût total de chacune des catégories de personnel étant également disponible dans la même publication, les prix moyens de celles-ci sont facilement calculés par simple division du coût total en personnel pour chacune des catégories par la mesure de l'intrant en nombre moyen d'employés.

Finalement, mentionnons que la catégorie «personnel aux aéronefs et trafic» a été retirée de l'agglomération de l'intrant personnel. En effet, il nous apparaît que ce coût doit être imputé à l'entretien du capital et être pris en compte avec les autres coûts reliés à l'usage du capital.

L'intrant agrégé personnel est un indice Divisia des cinq catégories mentionnées ci-haut.

2. b. *Le carburant*

Les données concernant le carburant proviennent également de la publication 51-002 de Statistique Canada. Encore une fois, celle-ci nous indique les coûts totaux de chacune des quatre catégories de carburant utilisé par les compagnies aériennes (huiles à turbo-moteur, essence, huiles à turbines et autres huiles) de même que la quantité de gallons utilisée annuellement.

Les quantités de carburant utilisées ont été transformées en British Thermal Unit (BTU). Selon les renseignements contenus dans Roy et Cofsky (1984), les facteurs de conversion appropriés sont de 147 BTU par gallon pour l'huile à turbo-moteur et les huiles à turbines et de 133,5 BTU par gallon pour l'essence. La catégorie «autres huiles» n'étant pas définie précisément, il est difficile de lui imputer l'un ou l'autre des facteurs de conversion. Nous avons le choix de lui imputer un facteur de conversion moyen ou tout simplement d'ignorer cette catégorie. Étant donné sa faible importance dans les coûts, c'est cette dernière alternative que nous avons retenue.

L'unité de mesure des quantités de carburant nous permet de procéder à une simple addition pour obtenir une mesure de l'intrant agrégé carburant, l'indice d'intrant agrégé carburant est obtenu en normalisant cette série à 1 en 1970.

2. c. *Le matériel*

Le matériel est une catégorie fourre-tout incluant, par exemple, les frais de repas servis aux passagers, les redevances d'atterrissage et autres redevances d'aéroport, les frais d'assurances, les frais de publicité et du service des ventes, les frais d'éclairage, des fournitures de bureaux, etc. Il s'agit donc d'une catégorie résiduelle incluant toutes les dépenses d'exploitation autre que celles attribuables au personnel, au carburant ou au capital.

Nous avons estimé le coût total du matériel à l'aide de données d'exploitation contenues dans les publications 51-001 et 51-002 de Statistique Canada. Du total des dépenses d'exploitation auquel l'amortissement a été enlevé, l'amortissement comptable ne constituant pas une sortie réelle de fonds et étant par ailleurs un coût du capital, sont soustraites les dépenses en traitement et salaires ainsi que celles en carburant. Les frais d'entretien, associés au coût en capital, sont également soustraits de ce poste.

Nous obtenons ainsi un coût total du matériel exprimé en dollars courants. Un indice de l'intrant matériel est obtenu en divisant ce coût total par l'indice implicite de la dépense nationale brute. L'indice implicite de la dépense nationale a été préféré à d'autres indices en raison du contenu hétérogène du matériel. Les données concernant l'indice implicite de la dépense nationale brute proviennent de la Revue Statistique du Canada. L'année de base retenue est 1971=100.

2. d. *Le capital*

Dans cette catégorie n'a été considéré que le capital en aéronefs. La rareté des données concernant les prix et quantités des bâtiments et autres installations utilisés par les compagnies aériennes nous oblige à procéder de la sorte.

Un indice de capital est donc calculé à partir de données concernant le *stock* d'avions achetés ou loués par les compagnies aériennes et les prix à l'état neuf des différents types d'aéronefs. Les données sont tirées d'un travail dirigé de maîtrise réalisé par S. Léveillé à l'École des H.E.C. en 1985. Les principales sources pour le nombre d'avions sont le *Digest of Statistics-Fleet-Personnel* de l'OACI; et pour les prix, *Aircraft types and prices* du LLOYD'S Aviation Department, la revue *Business and Commercial Aviation*, de mars 1970 à mars 1980 et *Capital Financing and Re-equipment of the World's Commercial Airline Fleets in the 1980's*, d'Allen Roy.

Pour les types d'avions pour lesquels les prix n'étaient pas disponibles, ceux-ci ont été estimés par différentes méthodes: (a) lorsqu'aucun prix n'était disponible, par estimation à l'aide du coût moyen d'un siège; (b) lorsque les prix étaient disponibles pour certaines années, par régression. Les variables explicatives alors utilisées sont, selon le cas, le taux de salaire dans l'industrie de la fabrication de pièces d'avions, le prix de types d'avions apparentés et l'utilisation d'une variable de tendance. Voir Léveillé (1985) pour plus de détails.

Le prix au marché des aéronefs ne représente pas le coût d'usage d'un avion, mais la valeur de l'actif. Nous avons estimé un coût d'usage pour chaque type d'aéronef, et pour chacune des compagnies à l'étude, en tenant compte de deux facteurs: la dépréciation économique des aéronefs et le coût de la dette des compagnies.

La dépréciation économique est estimée par le rapport des frais d'entretien des aéronefs à la valeur à l'état neuf de l'actif en aéronefs. Ce taux surestime toutefois le taux réel de dépréciation économique car les frais d'entretien aux aéronefs et trafic comporte, outre les frais d'entretien des aéronefs, ceux de l'acheminement du trafic au sol, de la préparation des équipages au vol ainsi que du contrôle des aéronefs en vol. Ce taux est également tributaire de la qualité de l'entretien effectué par les compagnies. Cette démarche nous semble toutefois supérieure à celle utilisée par d'autres auteurs qui devant la difficulté d'estimation de ce taux de dépréciation économique postulent l'inexistence d'une telle dépréciation.

Quant au coût du capital, celui-ci est estimé différemment selon que l'entreprise considérée est de propriété gouvernementale ou privée. Pour les entreprises gouvernementales, le coût du capital s'obtient par simple division du coût du service de la dette par la valeur de la dette à long terme, alors que pour les entreprises privées, il est calculé par le ratio du coût du service de la dette additionné des dividendes versés à la valeur combinée de la dette à long terme et capital actions.

Finalement le coût d'usage du capital pour chaque aéronef est donné par l'équation (6) dans le texte. Les données concernant le coût du service de la dette,

la valeur de la dette à long terme, les dividendes versés et la valeur du capital actions proviennent des bilans financiers des entreprises résumés dans les publications 51-001 et 51-002 de Statistique Canada, des rapports annuels des compagnies, des feuillets jaunes du Financial Post, et du Financial Post Industrial, de la revue de la Bourse de Montréal et de la Revue de la Bourse de Toronto.

L'intrant agrégé du capital, tel qu'indiqué dans le texte, est obtenu de façon implicite en divisant le coût total d'option du capital par un indice Divisia des coûts d'usage des aéronefs construits à l'aide des coûts d'usage de chaque type d'aéronefs de chacune des entreprises.

Les quatre intrants précédents ont été à leur tour agrégés en un seul indice d'intrant global à l'aide d'un indice Divisia de quantité.

Les données pour le coefficient d'utilisation en charge (*CUC*), la distance moyenne d'étape (*DME*) et l'activité de grèves ont été tirées des publications 51-001 et 51-002 de Statistique Canada ainsi que de Roy et Cofsky (1984).

Toutes les données utilisées dans cet article sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

BIBLIOGRAPHIE

- CAVES, D.W., L.R. CHRISTENSEN et M.W. Tretheway (1981), «U.S. Trunk Air Carriers, 1972-1977: A Multilateral Comparison of Total Factor Productivity», dans T.G. COWING et R.E. STEVENSON, ed., *Productivity Measurement in Regulated Industries*, Academic Press, New-York.
- DENNY, M., M. FUSS et L. WAVERMAN (1981) «The Measurement and Interpretation of Total Factor Productivity in Regulated Industries, with an Application to Canadian Telecommunications», dans T.G. COWING et R.E. STEVENSON, ed., *Productivity Measurement in Regulated Industries*, Academic Press, New-York.
- DICKEY, D.A., et W.A. FULLER (1979) «Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root», *Journal of the American Statistical Association*, vol. 74, pp. 427-31.
- DI EWERT, E. (1981) «The Theory of Total Factor Productivity Measurement in Regulated Industries», dans T.G. COWING et R.E. STEVENSON, *Productivity Measurement in Regulated Industries*, Academic Press, New-York.
- DOUGLAS, G.W., et G.C. MILLER (1974) *Economic Regulation of Domestic Air Transport: Theory and Policy*, The Brookings Institution, Washington, D.C.
- GILLEN, D.W., T.H. OUM et M.W. TRETHEWAY (1987) «Identifying and Measuring the Impact of Government Ownership and Regulation on Airline Performance», Document No. 326, Conseil Économique du Canada, Ottawa.
- GRANGER, C.W., et P. NEWBOLD (1974) «Spurious Regressions in Econometrics», *Journal of Econometrics* 2, pp. 111-120.

- LÉVEILLÉ, S. (1985) «Analyse et estimation de la productivité des transporteurs aériens canadiens», Travail dirigé de Maîtrise. École des Hautes Études Commerciales de Montréal, Montréal.
- NELSON, C.R., et C.I. PLOSSER (1982) «Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series», *Journal of Monetary Economics* 10, pp. 139-162 .
- OUELLETTE, P., et P. LASSERRE (1985) «Mesure de la productivité: la méthode de Divisia», *L'Actualité économique, Revue d'analyse économique* 61 (4), pp. 507-26.
- PERRON, P. (1987) «The Great Crash, the Oil Price Shock and the Unit Root Hypothesis», Département de science économique, Université de Montréal.
- ROY, R. (1980) «Economies d'échelle dans l'industrie du transport aérien», cahier de recherche no. 10-80-06F, Direction de la recherche, Commission canadienne des transports.
- ROY, R. et D. COFSKY (1984) «Une étude de la productivité des transporteurs aériens canadiens», Rapport de recherche no. 1984/04F, Direction de la recherche, Commission canadienne des transports.
- SLADE, M. (1987) «Modeling Stochastic and Cyclical Components of Technical Change: An Application of the Kalman Filter», cahier de recherche no. 87-36, University of British Columbia.
- STOCK, J.H. et M.W. WATSON (1988), «Testing for Common Trends», *Journal of the American Statistical Association*, vol. 83, pp. 1097-1107.