

**Innovation dans les technologies de l'information
et
croissance économique**

Sébastien Ébacher

Département de Sciences économiques
Université de Montréal
Montréal, Québec
H3C 3J7
ebacher.sebastien@ic.gc.ca

Décembre 1999

Sommaire: Comment expliquer le ralentissement économique des années 70? Voilà la question auquel ce travail tente de répondre. Ici nous développerons un modèle de **croissance endogène** à partir des hypothèses de l'économiste Harold Innis et de l'actualisation effectuée par Léonard Dudley de la théorie de Innis. Nous construirons une argumentation autour du rôle primordial que joue l'innovation dans le système de communication sur la croissance économique. Essentiellement, ce modèle prédit une **phase d'innovation technologique** à la suite de l'arrivée des semi-conducteurs comme innovation majeure variant la structure des réseaux de communications. Durant cette phase, le taux **d'innovation est élevé**, mais vu la faible **diffusion de la nouvelle technologie** cette phase correspond aussi à un **ralentissement de la croissance économique et de la productivité** selon le principe de "**destruction créatrice**" de Schumpeter. Ce modèle considère comme particulière les innovations faites dans le domaine des technologies de l'information et des communications. Il utilisera les importations canadiennes dans ce secteur pour faire subir au modèle l'épreuve empirique de la causalité de Granger sur la croissance économique. Enfin, il trouvera une relation de causalité de Granger entre les importations dans les technologies de l'information et la croissance économique pour la période allant de 1986 à 1999 suggérant ainsi que les nouvelles technologies de l'information seraient en voie de passer de la phase innovation à la phase diffusion de la technologie.

Sébastien Ébacher
EBAS 17057304

**Innovation dans les technologies de l'information
et
croissance économique**

Essai de maîtrise présenté

à

M. Leonard Dudley

et

M. Yves Sprumont

Université de Montréal
Décembre 1999

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	I
Liste des tableaux et des figures	IV
1. INTRODUCTION	1
1.1 Le choix du sujet	1
1.2 L'innovation et la croissance économique	2
1.3 Paradoxe de la productivité	3
1.4 Communication et croissance économique	4
1.5 La problématique	5
1.6 Importance du sujet choisi	6
2. ENVIRONNEMENT EXTERNE	8
2.1 Internet, le réseau des réseaux	8
2.2 Le commerce électronique	12
2.3 Les technologies de l'information dans l'économie	15
3. REVUE DE LITTÉRATURE	16
3.1 Modèles de croissance économique	16
3.1.1 Modèle de croissance néoclassique	16
3.1.2 Modèle de croissance endogène	18
3.1.3 Modèle de croissance de Schumpeter	21
3.1.4 Modèle de croissance de Esfahani	23
3.2 Paradoxe de la productivité	24

4. CADRE THÉORIQUE	27
4.1 Retour sur Harold Innis	30
4.2 L'apport du travail de Dudley	32
4.3 Sources de la croissance économique	36
4.3.1 Information comme intrant dans les processus de production	36
4.3.2 Semi-conducteur vu comme une macroinvention	37
4.3.3 Amélioration du processus d'innovation	39
4.3.4 Conclusion	40
5. IMPACT SUR LES CYCLES ÉCONOMIQUES	41
5.1 Les trois phases des cycles économiques	41
5.1.1 La phase innovation	41
5.1.2 La phase diffusion	41
5.1.3 La phase dominance	41
5.2 Durée des cycles	42
5.3 Explication sur le ralentissement	42
6. VÉRIFICATION DU MODÈLE EMPIRIQUE DE CROISSANCE	46
6.1 Données utilisées et définition du secteur	46
6.1.1 Définition du secteur des Technologies de l'information	46
6.1. Données utilisée	47
6.2 Causalité de Granger	50
6.2.1 Modèle économique	50
6.2.2 Résultats des tests de causalité de Granger	51

7. CONCLUSION 55

8. BIBLIOGRAPHIE 59

9. RÉSEAUGRAPHIE 63

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 1 - Nombre de personnes avec un accès internet, par région (mai 1999).	9
Figure 2 - Taux de pénétration des différentes technologies de l'information	10
Figure 3 - Coût d'envoi d'un document de 42 pages d'Ottawa à Tokyo.	12
Figure 4 - Coûts des transactions bancaires.	13
Figure 5 - Taux de progrès technologiques (1961-1990).	28
Figure 6 - Coût de traitement de l'information	29
Figure 7 - Réseau de communication centralisé.	33
Figure 8 - Réseau de communication décentralisé.	34
Figure 9 - Réseau de communication distribué	34
Figure 10 - Coût d'un appel de trois minutes de New-York à Londres.	36
Figure 11- Représentation des semi-conducteur en tant que GPT.	38
Figure 12 - Définition des technologies de l'information et communications	47
Tableau 1- Test de causalité de Granger (1971 à 1985).	53
Tableau 2- Test de causalité de Granger (1985 à 1999).	55
Tableau 3- Résultat de la régression (1).	56

1. INTRODUCTION

1.1 LE CHOIX DU SUJET

Depuis l'avènement de la macroéconomie, les sciences économiques ont toujours cherché à comprendre les forces qui expliquent les cycles économiques. Plus spécifiquement, les économistes ont, depuis toujours, observé le phénomène de la **croissance économique** sans toutefois pouvoir lui accorder l'explication rigoureuse faisant l'unanimité. Malgré que le fait tous s'entendent sur l'importance de telles explications, ils sont tout autant d'accord sur l'immense travail qu'il reste à faire sur le sujet. Quiconque ayant eu un intérêt pour la question pourra le confirmer.

En évaluant les thèses proposées par la théorie orthodoxe, on se rend vite compte que certains aspects fondamentaux de la croissance économique ont peut-être été laissés de côté. Ce constat nous permet de mettre en lumière la conclusion suivante: **toute analyse du changement qui ignore le rôle crucial et le caractère spécifique des changements technologiques ne peut être valide**. Les économistes considèrent depuis longtemps les changements techniques comme la force la plus importante obligeant l'apparition du processus de croissance (Abramovitz, 1956; Solow, 1956). Étant donné le rôle des changements techniques sur les comportements microéconomiques des agents, sur le processus de changement structurel et enfin sur les changements macroéconomiques d'une économie, une théorie alternative pouvant expliquer ces changements a raison d'être. Cet état de fait constitue la principale source de motivation pour ce travail de recherche et explique en grande partie le choix de ce sujet pour mon rapport de recherche. Par contre, les maigres progrès constatés jusqu'à maintenant dans ce domaine de recherche amènent un degré supplémentaire de complexité à l'ensemble de l'exercice. Jusqu'à maintenant, aucun cadre rigide n'a été imposé par le milieu scientifique sur ce sujet, aucun paradigme ne domine les autres: c'est donc un environnement propice à l'apparition de nouvelles idées.

1.2 L'INNOVATION ET LA CROISSANCE ÉCONOMIQUE

Tel que mentionné précédemment, les modèles orthodoxes de croissance économique composent avec l'innovation en la considérant souvent comme un **facteur exogène** ou encore parfois comme un élément résiduel du modèle. Un des aspects essentiels du modèle avec lequel nous travaillerons dans cette recherche est la considération de l'innovation comme étant un **élément endogène** dans le modèle de croissance économique. Voici qu'apparaît une des premières difficultés de cette recherche. Nous constaterons un plus loin qu'il n'y a, jusqu'à maintenant, que très peu de modèles de croissance endogène. Pourquoi les économistes ont-ils jusqu'à maintenant considéré l'innovation comme un facteur exogène? D'après Jewkes, Sawers et Stillerman (1956), trois raisons pourraient expliquer cette négligence de la part des économistes. Premièrement, ils ont suggéré que les économistes étaient généralement ignorants de la science et des technologies et ne se sentaient pas prêts à s'aventurer sur cette *terra incognita*. Deuxièmement, il y a très peu de statistiques disponibles qui sont susceptibles de pouvoir aider à cette recherche. Enfin, depuis l'époque de la Grande Dépression des années 30, les chercheurs se sont principalement préoccupés des problèmes de fluctuations économiques et du chômage qui proviennent de ces mêmes fluctuations. En d'autres termes, ils étaient tout simplement trop préoccupés par d'autres problèmes pour porter leur attention sur le rôle de l'innovation.

Il faudra attendre Schumpeter (1939) avec son ouvrage *Business cycle* pour voir une première tentative d'explication sur le rôle de l'innovation sur la croissance économique. Pour Schumpeter, les innovations technologiques ne peuvent être écartées des explications sur l'origine des cycles économiques. En fait, il les considère même comme un facteur crucial d'explication des fluctuations économiques et de la dynamique du processus de croissance économique. De plus, Schumpeter apportera des explications sur les distinctions entre les concepts d'*innovation*, *invention* et *diffusion*, qui aujourd'hui s'avèrent des plus utiles. Nous pouvons, je crois, considérer Schumpeter comme un pionnier par rapport à l'étude du lien entre l'innovation technologique et la croissance économique. Enfin, son apport à ce travail viendra de sa définition du concept de "**destruction créatrice**" qui s'avère un concept fondamental permettant de dégager une conclusion importante. Sans cette conclusion issue de ce concept, cette recherche ne serait guère différente des autres recherches effectuées jusqu'à maintenant dans ce champ d'exploration.

1.3 LE PARADOXE DE LA PRODUCTIVITÉ

“...l'avènement de l'ordinateur se voit partout, sauf dans les statistiques de la productivité.”

Robert Solow

Le ralentissement de la croissance économique dans la plupart des pays industrialisés au cours des décennies 70 et 80, ainsi que l'explosion des investissements dans les technologies de l'information au début de la décennie 80, sont à l'origine de cette célèbre plaisanterie de Robert Solow. En fait, c'est de cette observation que provient le phénomène que l'on nomme le “paradoxe de la productivité” ou pour d'autres du “paradoxe de Solow”. Au cours des dernières années, plusieurs économistes se sont penchés sur ce paradoxe afin de lui donner une explication. Ils nous ont offert des conclusions qui sont bien souvent divergentes. À la lumière de ces conclusions, on pourrait ressentir un certain vide scientifique en ce qui a trait à l'explication de ce phénomène.

Pourtant, une compréhension de ce paradoxe est très importante. Il serait illogique pour une économie d'investir dans des technologies qui n'apportent ni une hausse de la productivité ni une croissance économique. Alors, pourquoi observons-nous une hausse des investissements dans les technologies de l'information si ces dernières ne rehaussent ni la productivité ni la croissance? Voilà l'essence de la problématique que tente d'éclaircir le présent rapport.

C'est pourquoi, nous regarderons avec attention les différentes conclusions apportées par les recherches les plus récentes dans ce domaine. Même si nous tenterons de nous en distinguer, autant par nos explications théoriques que par nos méthodes empiriques, ces récentes recherches serviront tout de même de base de référence sur l'origine de la problématique de notre sujet de recherche.

1.4 COMMUNICATIONS ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE

Je crois que la plupart d'entre nous sommes d'accord sur l'importance qu'a l'innovation sur la croissance économique. Par contre, il n'est pas aussi évident d'arriver à un pareil consensus sur l'importance qu'ont les innovations des systèmes de communication sur la croissance économique. Du moins, nous sommes en droit de nous demander pourquoi les innovations dans ce secteur auraient plus d'importance ou d'impacts que les innovations dans les autres secteurs. Quelles sont les caractéristiques qui les différencient tellement des autres innovations? Nous essayerons plus loin d'apporter des réponses à ces questions.

On ne peut parler de systèmes de communication et de croissance économique sans parler du travail de l'économiste canadien *Harold Innis (1950)* qui avait observé que les ralentissements économiques dans l'histoire coïncidaient avec une augmentation très rapide des innovations dans le système de communication d'une économie.¹ Ses recherches tentaient de trouver une explication théorique à cette coïncidence qui semblait récurrente dans le temps. De là, il faut se demander si le fait que Solow (avec l'arrivée des ordinateurs) observe le même phénomène que Innis n'est que le fruit du hasard ou, au contraire, si cela suggère la possibilité d'une explication logique de ce phénomène. D'autant plus que les réflexions de Innis portaient sur des portions de l'histoire s'étant achevées bien avant l'apparition de l'ordinateur. Bien qu'à l'époque le travail de Innis ait été mis à l'écart, les récents efforts d'actualisation des théories de Innis par Dudley (1999) ont permis de mettre en lumière une nouvelle tentative d'explication du cycle de croissance économique à la suite d'une innovation dans le système de communication. Ce sont principalement ces travaux qui sont à l'origine de cette recherche; ils forment la majeure partie de l'inspiration théorique constituant la base de ce travail. Nous nous attarderons donc de façon plus spécifique aux efforts fournis par ces deux économistes et nous nous intéresserons aussi aux travaux d'autres chercheurs qui compléteront les bases jetées par Innis et Dudley.

¹ Innis, H.A., 1950, *Empire and Communications* (Clarendon, Oxford).

1.5 LA PROBLÉMATIQUE

Comme nous l'avons mentionné plus tôt, l'essence même de la problématique du présent travail trouve son origine dans une tentative d'explication du paradoxe de la productivité. On tente de comprendre pourquoi l'arrivée massive des nouvelles technologies de l'information, suite à une période d'innovations majeures dans ce secteur, ne correspond pas à une croissance de la productivité des facteurs et par le fait même à une croissance de l'économie dans son ensemble. De manière plus générique nous cherchons à savoir quel sera l'impact des nouvelles technologies de communication sur la croissance économique du Canada.

Afin de mieux orienter notre effort d'analyse voici de manière concrète la question à laquelle nous tenterons de trouver une réponse au cours de notre entreprise:

L'arrivée des nouvelles technologies de l'information peut-elle expliquer le ralentissement économique des années 70 et par le fait même donner une explication au paradoxe de de Solow?

La prochaine section porte sur l'importance du sujet de recherche. Ce que nous pouvons constater concrètement, c'est que le phénomène du paradoxe de la productivité constitue un sujet "chaud" présentement dans les différentes sphères de l'économie. Étant donné l'importance de plus en plus grande que prend ce secteur dans l'ensemble de l'économie et ce à une vitesse tout aussi grande, je crois que l'étude et la compréhension de la problématique qui a été soulevée deviennent par le fait même essentielles.

1.6 IMPORTANCE DU SUJET CHOISI

Il est fort légitime de se questionner sur la pertinence de tels efforts de recherche et de se demander à quoi serviront les résultats une fois qu'ils seront établis. Ainsi, les prochaines lignes tenteront d'apporter certains éclaircissements à ces interrogations.

Tout d'abord, nous croyons que la pertinence d'une telle étude provient de la nature du sujet en tant que tel. La croissance étant une fin poursuivie par la majorité des économies, nous pouvons donc supposer que l'intérêt pour ce sujet est de façon générale assez étendu. Malgré cette attention que l'on pourrait qualifier d'horizontale pour la croissance, les économistes semblent avoir délaissé cette question et ce, pour les raisons mentionnées précédemment. Donc, de se rendre compte que la théorie orthodoxe semble avoir échoué face au défi d'élucider les phénomènes de l'origine de la croissance et des cycles économiques ne fait qu'accentuer l'importance des efforts fournis afin de pallier à ce que l'on pourrait considérer, à certains égards, comme une lacune de la théorie économique.

Le travail livré dans le présent ouvrage pourrait donc être inclus dans l'ensemble des efforts fournis par les économistes et a pour objectif de doter la théorie économique d'un nouveau cadre théorique et empirique permettant l'analyse de la croissance économique. Concrètement, ce nouveau cadre théorique serait en mesure permettre d'expliquer le ralentissement économique des années 70. De plus, selon son degré d'efficacité, ce cadre de travail pourrait servir de fondation pour des prévisions économiques futures en ce qui a trait aux technologies de l'information, et ainsi servir à la prédiction de la croissance économique du Canada à la suite de l'émergence des nouvelles technologies de communication.

On ne peut passer sous silence la place de plus en plus importante que l'innovation occupe dans la société d'aujourd'hui et il est donc important de comprendre son apport sur la situation économique d'un pays comme le Canada. Cette plus grande compréhension pouvant éventuellement mener à l'élaboration de politiques économiques et sociales en réponse à ce phénomène.

Enfin, le secteur des technologies de l'information, incluant autant le secteur des télécommunications que celui de l'informatique, est sans aucun doute un secteur qui a connu un très haut taux de croissance économique, mais surtout il est probablement celui qui a connu le plus haut taux d'innovations technologiques parmi l'ensemble des secteurs industriels. On parle de société de l'information et l'on voit les changements actuels comme faisant partie d'une grande révolution. Il est donc primordial de bien comprendre ces changements et, comme économiste, de comprendre l'impact qu'auront ces changements sur l'économie. Une tentative ayant comme but de mieux comprendre les mécanismes et les conséquences des bouleversements en cours ne peut être que la bienvenue étant donnée la vitesse avec laquelle ces mêmes bouleversements se déroulent.

Afin de mieux cerner le phénomène observé, regardons de plus près les récents changements qui se sont produits dans les télécommunications et les technologies de l'information.

2. ENVIRONNEMENT EXTERNE

“The newest innovations, which we label information technologies, have begun to alter the manner in which we do business and create value, often in ways not readily foreseeable even five years ago.”

Alan Greenspan
Chairman, Federal Reserve Board
6 mai 1999

Internet, commerce électronique, multimédia, réalité virtuelle, téléphonie mobile, télémessagerie, courrier électronique, vidéoconférences, système de positionnement GPS (global positioning system), communautés virtuelles, autant d'innovations dans les technologies de communications dont on fait mention d'une façon ou d'une autre quotidiennement dans les différents médias mondiaux. Mais de manière encore plus frappante, on parle aussi de la nouvelle économie de l'information ou de l'économie du savoir et on parle du réseau des réseaux comme partie intégrante du nouveau village global.

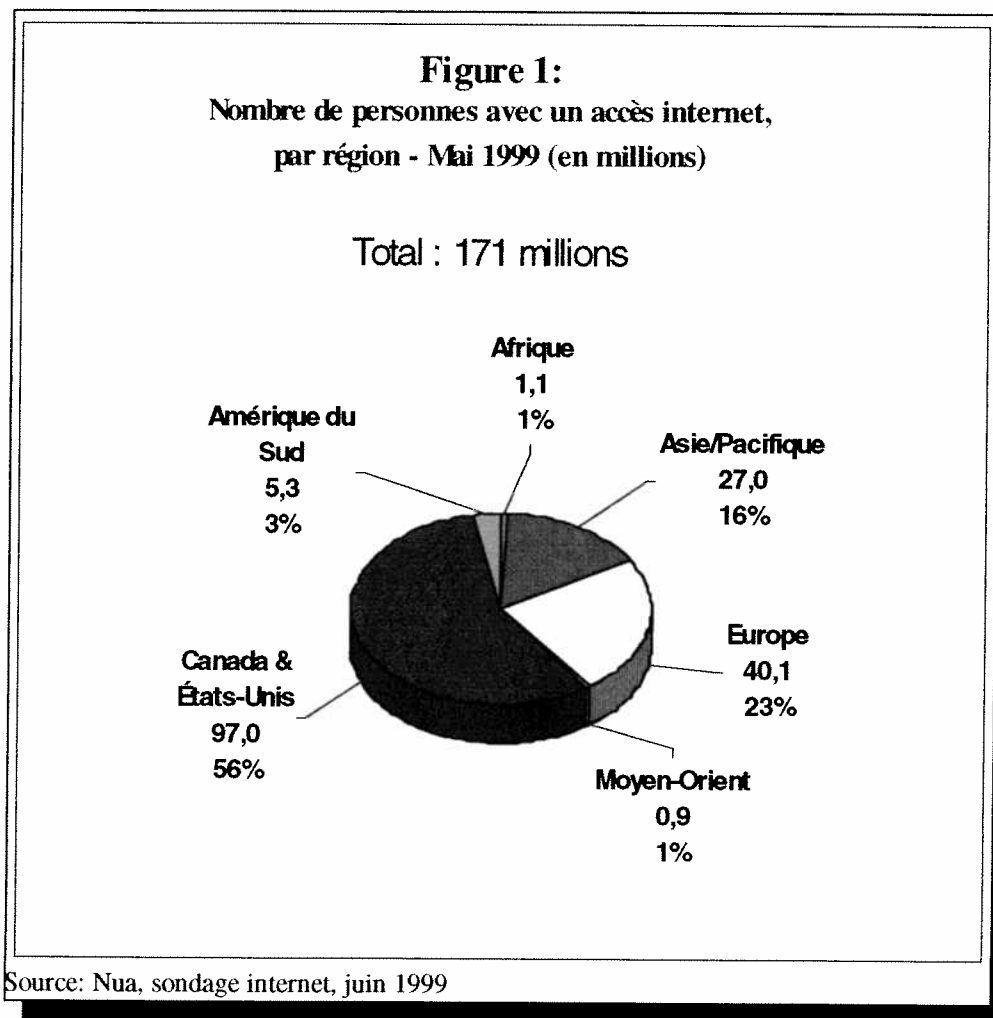
Avec tous ces changements que nous vivons, nous pouvons nous questionner à savoir si de manière globale ils constituent une révolution par rapport aux anciennes structures établies.

2.1 INTERNET, LE RÉSEAU DES RÉSEAUX

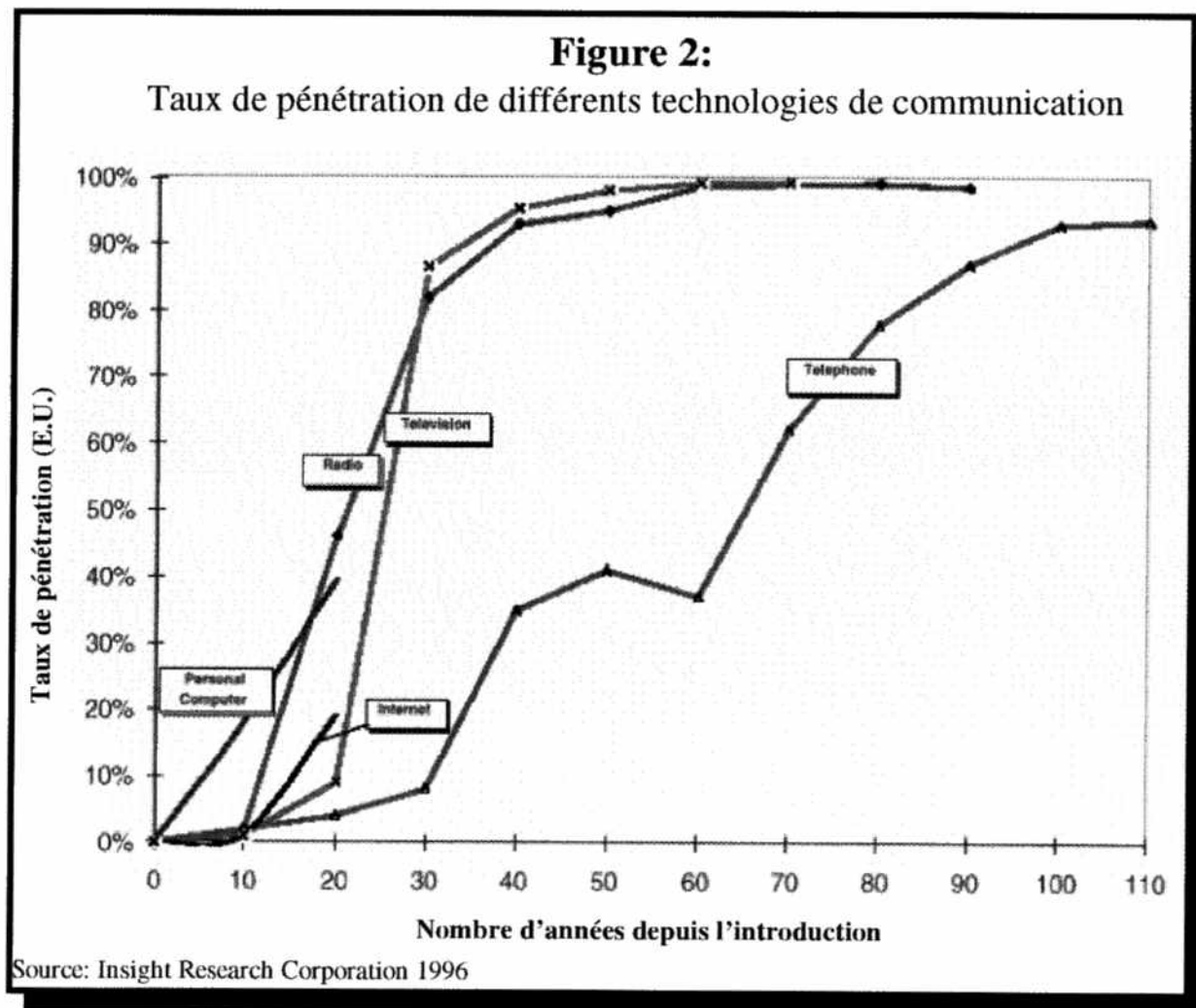
Il nous faut porter notre attention sur quelques unes de ces technologies pour réaliser à quel point elles affectent notre manière de produire, de consommer, de communiquer et même de jouer. Prenons par exemple l'internet, que l'on définit comme étant le réseau informatique mondial constitué d'un ensemble de réseaux nationaux, régionaux et privés reliés par le protocole de communication TCP-IP et qui coopèrent dans le but d'offrir une interface unique à leurs utilisateurs. L'internet permet donc l'échange de données via les sites internet ou le courrier électronique. Depuis peu, l'internet possède maintenant assez de capacité pour que ces données incluent du son, la voix et même des images statiques et dynamiques que l'on peut visionner “en ligne”. Mais encore

l'internet offre une nouvelle forme d'interaction et de communication entre toutes les personnes "branchées" à ce réseau. Ce nouveau medium de communication interactive ne connaît pas de frontières et il est accessible en tout temps. Il constitue donc une révolution par rapport à notre structure traditionnelle de communication et du coup, il offre des opportunités et des possibilités de développement qu'il nous est encore difficile d'imaginer.

En mai 1999, 171 millions de personnes à travers le monde y avaient accès; plus de la moitié de ces internautes mondiaux se trouvaient aux États Unis et au Canada (voir Figure 1).



La vitesse de pénétration de ce nouveau médium de communication est plus élevée que celle que nous avons connue avec le téléphone et la télévision. La vitesse d'adoption de l'internet éclipse toutes les autres technologies qui l'ont précédé. La radio existait depuis 38 ans avant qu'elle atteigne le cap des 50 millions d'utilisateurs; le téléviseur lui, prit 13 ans pour rejoindre ce nombre. Seize ans après l'apparition du premier ordinateur personnel, 50 millions de personnes l'utilisaient. Une fois accessible au grand public, pour sa part l'internet franchissait le cap des 50 millions d'utilisateurs en seulement 4 ans.



Ce phénomène se traduit par le fait que l'ensemble des personnes connectées au réseau internet peuvent se rejoindre et discuter directement "en ligne", s'envoyer de manière quasi-instantanée du courrier électronique et partager de l'information via un site Web. Toutes ces actions peuvent se produire, en théorie, de n'importe quel endroit sur le globe et ce à n'importe quel moment.

Il faut tout de même prendre note (par rapport aux données de la figure 2) que moins de 40 millions de personnes dans le monde étaient connectées à l'internet en 1996. À la fin de 1997, plus de 100 millions de personnes l'utilisaient. On remarquait par la même occasion que le trafic sur internet doublait tous les 100 jour! Aujourd'hui, plus de 171 millions de personnes naviguent sur cette toile mondiale constituant le réseau des réseaux.

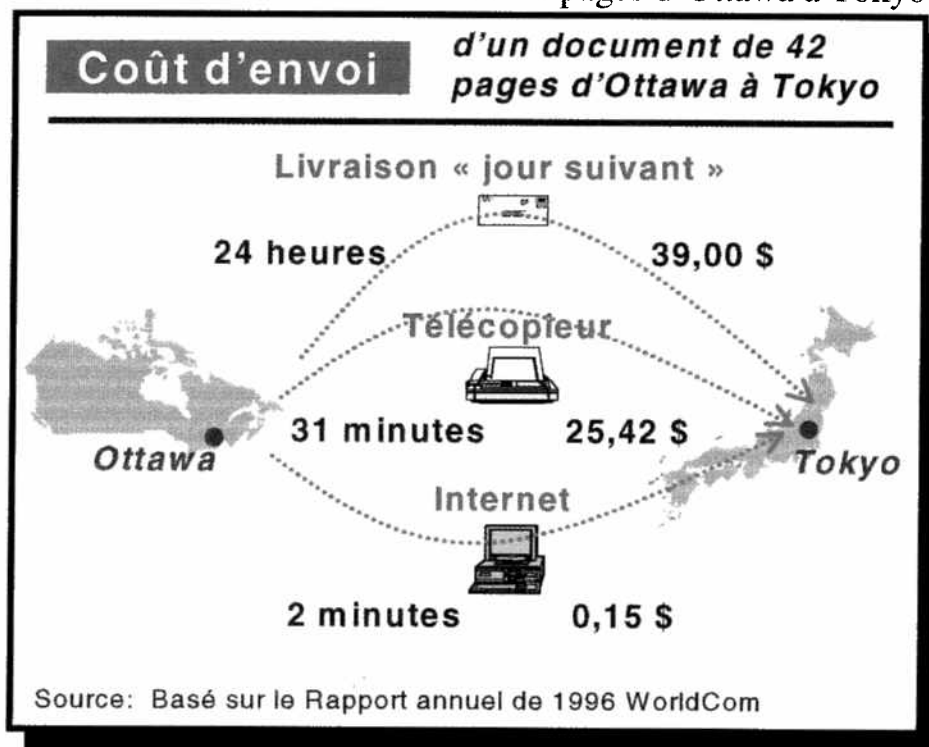
Ce qui est impressionnant par rapport à ces nouvelles technologies, c'est la place de plus en plus grande qu'elles prennent dans notre vie de tous les jours. Mais ce qui impressionne encore plus, c'est la vitesse avec laquelle elles le font.

2.2 LE COMMERCE ÉLECTRONIQUE

Dernièrement, on nous a annoncé que le commerce électronique constituait la prochaine grande étape. Lorsqu'on parle du commerce électronique, on fait référence à l'ensemble des activités commerciales effectuées par l'entremise des réseaux informatiques, tel le réseau Internet, incluant la promotion et la vente en ligne de produits et services, la vente d'information ainsi que l'échange de correspondance électronique.

Comme le démontre la figure 3, l'internet change la façon de faire des affaires et surtout la vitesse avec laquelle nous les faisons.

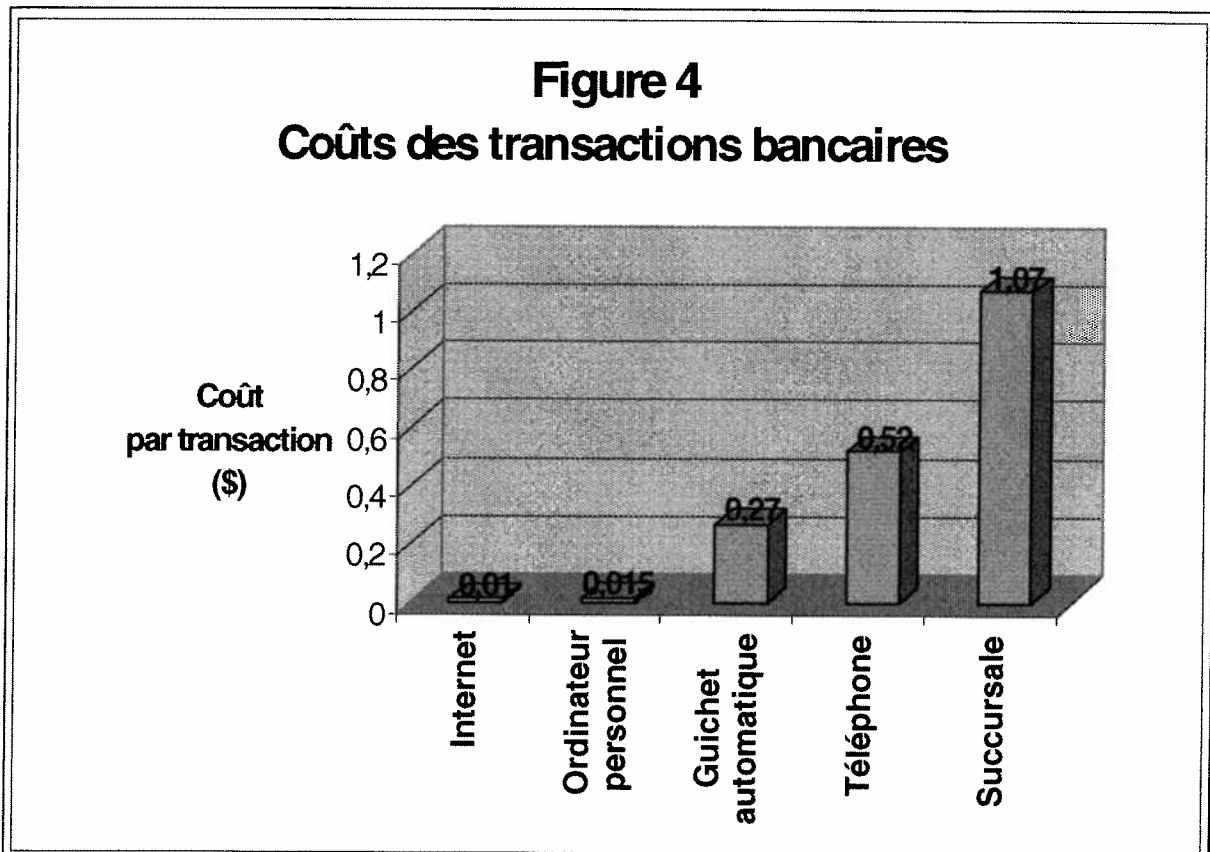
Figure 3
Coût d'envoi d'un document de 42 pages d'Ottawa à Tokyo



Le moyen de transmission le plus rapide est en même temps le moins coûteux. Du service de messagerie 24 heures (au jour suivant) à l'utilisation de l'internet, on se retrouve avec un système 720 fois plus rapide et surtout 260 fois plus économique.

Le commerce électronique, en quelque sorte, élimine les barrières géographiques de la consommation et même à certains égards de la production. Du marché concurrentiel régional, on passe à un marché concurrentiel global. L'efficacité et l'étendue des systèmes logistiques mondiaux (ex. FedEx, UPS), combinées à la rapidité du traitement électronique, sont des éléments importants qui contribuent à l'émergence du commerce électronique. Cette tendance touchera pratiquement tous les secteurs de l'économie.

Si nous prenons par exemple le secteur bancaire, la figure 4 montre à quel point l'utilisation de l'internet peut être bénéfique au niveau de leurs coûts d'opération. Il est certain que cette industrie devra repenser la façon dont elle fait ses affaires afin de tirer partie de cette possibilité qu'offre l'internet et le commerce électronique.



Source: Booz-Allen & Hamilton

Un autre exemple concerne le secteur des voyages qui devra sûrement, lui aussi revoir son modèle d'affaire. *En effet, les coûts administratifs pour l'achat d'un billet d'avion sont de 8,00\$ s'il est fait par un agent de voyage utilisant un système de réservation informatisé traditionnel. Ce coût tombe à 6,00\$ si l'agent de voyage traite directement avec la ligne aérienne. Enfin, il n'en coûte que 1\$ si le voyageur traite directement avec la compagnie aérienne pour la réservation d'un billet d'avion "électronique"*². Il apparaît donc évident que pour certaines compagnies la structure des coûts d'opérations subira une variation importante dans les prochaines années.

² Henry, D., Cooke S., Montes S., *The emerging digital economy*, Département Américain du Commerce, <http://www.ecommerce.gov/emerging.htm>, 1998

2.3 LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION DANS L'ÉCONOMIE

Avant d'aller plus loin, jetons un regard rapide sur la place qu'occupe le secteur des technologies de l'information et de communications (TIC) dans l'économie canadienne³:

- En 1997, la contribution du secteur des TIC au PIB canadien s'est élevée à 42,3 milliards de dollars constants de 1992. Ceci représente une hausse de 14 % sur 1996 comparativement à une augmentation de 4 % pour le PIB canadien.
- Le secteur des TIC représentait 6,1 % du PIB canadien en 1997, comparativement à 4,6 % en 1993.
- En 1997, 19,3 % de la croissance du PIB canadien a été générée par le secteur des TIC.
- De 1990 à 1997, le PIB du secteur des TIC a augmenté à un taux de croissance annuel composé de 6,2 % comparativement à 2 % pour l'ensemble de l'économie canadienne.
- Entre 1992 et 1995, l'investissement pour les ordinateurs de bureau dans le secteur des services de l'économie canadienne a grimpé de 64,2 % en termes réels, mais en même temps la productivité totale des facteurs a augmenté d'un maigre 1,2 %. Le secteur des services avec le taux le plus élevé d'investissement relatif dans les parcs informatiques avait le pire taux de croissance de productivité des facteurs.

Ces chiffres confirment l'importance grandissante de ce secteur dans l'économie canadienne. L'intégration des nouvelles technologies de l'information devrait avoir un effet sur l'ensemble de l'économie. Par contre, lorsqu'on parle de productivité, on voit bien qu'il y a une ombre au tableau.

La prochaine section nous permettra de survoler l'ensemble des efforts qui ont été faits jusqu'à maintenant dans notre domaine de recherche, il s'agira en fait de notre revue de littérature. Les sections suivantes traçeront les grandes lignes du cadre théorique qui nous permettra de comprendre l'impact qu'aura cette intégration technologique sur l'économie canadienne. Enfin, viendra une section traitant du modèle empirique qui testera nos hypothèses théoriques. La dernière section de ce travail réunira les différentes conclusions que nous aurons su tirer de cet effort de recherche.

³ Ces chiffres proviennent du rapport *Analyse statistique des technologies de l'information et des communications 1990-1997*, Industrie Canada, 1999

3. REVUE DE LITTÉRATURE

3.1 MODÈLES DE CROISSANCE ÉCONOMIQUE

3.1.1 LE MODÈLE NÉOCLASSIQUE

Pour Solow (1956), la production d'une économie résulte de l'exploitation de main-d'oeuvre et du capital à l'intérieur d'un processus de production fondé sur la technologie en usage à un moment précis dans le temps.

Son modèle suppose que le taux de croissance de la main d'oeuvre, le taux d'épargne et la technologie sont des éléments qu'on se doit de mesurer séparément et ce, hors du système économique. Le modèle prévoit donc que la production par travailleur augmente avec le volume de capital par travailleur. Par contre, le rendement du capital lui diminue, et par le fait même la possibilité d'augmenter le ratio capital/main d'oeuvre, ceci a pour effet de voir le ratio capital/main d'oeuvre converger vers une constante qui résulte en une productivité qui elle devient stagnante.

Comme nous le mentionnons dans l'introduction de ce travail, le modèle classique représenté ici par le modèle de Solow ne donne pas vraiment une explication complète à la croissance observée aux États-Unis au cours du dernier siècle. L'augmentation de la main d'oeuvre et du capital ne peut expliquer à elle seule cette observation sur la récente croissance. L'écart entre les observations faites sur la croissance et les prédictions de son modèle, cet effet "résiduel" inexplicable, Solow l'a attribué aux progrès de la technologie. Dans son modèle, Solow voit la technologie comme un élément exogène. Pour lui, cette dernière constitue un bien gratuit et tout le monde peut y accéder sans frais. Il ne considère ni l'origine ni les coûts de la technologie dans ses explications.

Depuis Solow, plusieurs économistes tentent de “diminuer” l’impact de l’effet résiduel de Solow en corrigeant ce dernier en ajustant le niveau des inputs < main-d’oeuvre > et < capital > à l’aide d’un ensemble de facteurs tels que:

- l’amélioration du savoir des travailleurs;
- les variations attribuables à l’âge et à la qualité de l’équipement;
- l’effet de rattrapage;
- le commerce extérieur;
- l’économie d’échelle nationale;
- l’ascension des prix de l’énergie;
- les répercussions de la découverte de ressources naturelles;
- la thésaurisation et divers paramètres cycliques.

Même si cette méthode poussée à la limite permet d’expliquer la totalité de l’effet résiduel, elle ne contredit quand même pas la conclusion de Solow selon laquelle le changement technologique serait principalement à l’origine de l’accroissement de la productivité. En effet, ces nouveaux facteurs dont l’on tient compte incluent de manière implicite ou explicite, l’évolution de la technologie que ce soit dans les nouvelles connaissances de la main-d’oeuvre ou dans les avancées techniques qui se trouvent intégrées aux plus grandes compétences des travailleurs ainsi qu’à de la machinerie et à de l’équipement de production plus efficace.

Enfin le modèle de Solow prévoit une convergence des taux de croissance des pays. Il voit la croissance des pays industrialisés ralentir éventuellement et la croissance des pays en développement s’accélérer. Je crois que nous sommes à même de constater que présentement, la tendance mondiale respecte plutôt l’inverse de la logique de Solow, l’écart entre les pays industrialisés et la plupart des pays en développement va en s’élargissant. Certains pensent que l’échec du modèle classique pour expliquer la croissance vient du fait qu’il considère la technologie comme un bien public, c’est-à-dire gratuite et disponible pour tous. Regardons maintenant un modèle qui se différencie du modèle classique en considérant la technologie comme endogène au modèle de croissance.

3.1.2 MODÈLE DE CROISSANCE ENDOGÈNE

Au milieu des années 80 un groupe d'économistes tente de se distinguer de la théorie classique (qui considère la technologie comme exogène) en adoptant un modèle de croissance endogène. Comme son nom l'indique, le modèle de croissance endogène considère les changements technologiques comme endogènes au modèle de croissance économique et constitue donc un sous-produit de l'activité économique. Du coup, ces changements technologiques comptent parmi les sources fondamentales de la croissance économique. La théorie de la croissance endogène se préoccupe de la structure formelle des facteurs qui déterminent la croissance à long terme de l'économie prise dans son ensemble.

La base conceptuelle pour Romer (1986, 1990, 1994) et les autres partisans du modèle de croissance endogène provient de l'idée que la production globale d'une économie ne repose pas uniquement sur la somme des inputs utilisés par les entreprises (main-d'oeuvre, capital humain, capital productif et efforts de R et D) mais aussi sur l'ensemble des résultats issus des travaux de recherche et de développement entrepris par l'univers des entreprises. Pour ces chercheurs, les nouvelles connaissances et les nouvelles technologies résultent de l'investissement dans le capital humain (éducation et formation), dans l'utilisation de personnel spécialisé pour la recherche et le développement et dans l'équipement et le matériel de production spécialisé. Ces investissements nous donneront un taux global d'innovation qui sera endogène. Le modèle de croissance endogène intègre donc un mécanisme de la genèse du savoir et de la technologie.

On voit tout de suite que ce modèle pose un problème de mesure car même si les dépenses en R et D et que l'input de main-d'oeuvre spécialisée sont quantifiables, la difficulté consiste à mesurer l'output de la recherche et du développement. Au départ, la théorie de la croissance endogène considère les nouvelles connaissances et les nouvelles techniques comme des biens dont l'on peut disposer librement. Les retombées de ce bien non-exclusif que forment les nouvelles connaissances et les techniques expliquent pourquoi l'économie croît plus rapidement que ne le laisse supposer la simple utilisation de l'output traditionnel.

Par contre, la réalité industrielle d'une intense rivalité technologique contredit l'hypothèse néoclassique voulant que la technologie soit gratuite et universellement accessible. Au contraire, la technologie est loin d'être publique, et la mettre au point coûte de plus en plus cher. Plus tard, le modèle de croissance endogène s'approchera un peu plus de la réalité en abandonnant l'hypothèse irréaliste voulant que le savoir et la technologie soient gratuits et universellement disponibles.

Les économistes de la croissance endogène apporteront un changement majeur en affirmant que les innovations importantes sont souvent accompagnées d'un usage exclusif pour une période déterminée. Les brevets et les secrets commerciaux constituent les moyens les plus courants d'empêcher autrui de se servir d'un nouveau produit ou d'un nouveau procédé. Ainsi, le propriétaire de la technologie ou des connaissances exclusives peut profiter pleinement des fruits de l'invention par l'avantage concurrentiel que lui procure cette protection. Il peut tirer parti de l'innovation grâce aux prix plus élevés qu'il peut demander à cause de son avantage concurrentiel. Ces prix lui procureront donc des profits monopolistiques. Cette nouvelle incitation à l'innovation que procure cette espérance de profits monopolistiques constituait une étape importante de l'adaptation du modèle de croissance endogène à la réalité industrielle. Ils venaient de justifier l'ensemble des investissements faits dans la R et D qui permettaient d'obtenir cet output qu'est l'innovation et ainsi permettre l'existence d'un taux global d'innovation technologique pour une économie.

Enfin, le fait d'être endogène signifie que le processus d'innovation est enraciné dans chaque économie. L'intensification de la concurrence mondiale et le commerce international font partie intégrante des modèles de la croissance endogène de par l'impact qu'ils peuvent avoir sur la genèse de nouvelles technologies pour une économie. Les échanges commerciaux sont bénéfiques à la rentabilité de la R et D d'un pays si ses entreprises s'imposent par rapport à leurs concurrents étrangers. Mais, contrairement à ce que les principes économiques orthodoxes nous enseignent, comme quoi le libre-échange constitue la panacée d'une croissance économique rapide, Grossman et Helpman (1994) ont fourni des exemples où le fait de couper les liens commerciaux peut effectivement accélérer la croissance d'un pays à long terme. Il s'agit d'un revirement important au niveau de la philosophie des politiques économiques, revirement qu'on doit au fait qu'on commence à saisir l'importance de la technologie en tant que source fondamentale de la prospérité d'une économie.

Les modèles que nous venons de décrire constituent des modèles formels établis selon des bases théoriques. Mais il existe aussi un ensemble d'observations cumulées et analysées sur le changement technologique et la croissance économique. Ce sont les historiens de l'économie qui, essentiellement à l'origine, ont accumulé et analysé une multitude de preuves empiriques sur des aspects précis du progrès technologique et les liens entre ce changement et la croissance économique. Ces analyses, effectuées souvent longtemps avant que les théories économiques ne parviennent à élaborer un modèle mathématique de la croissance, forment ce que l'on appelle la théorie appréciative. Nous nous attarderons maintenant sur quelques unes de ces théories appréciatives.

3.1.3 MODÈLE DE CROISSANCE DE SCHUMPETER

Beaucoup d'économistes considèrent Schumpeter comme étant un pionnier du fait qu'il fut un des premiers économistes à tenter de donner une explication au rôle que jouaient les innovations technologiques par rapport à la croissance macroéconomique. Schumpeter (1942) dans son ouvrage *Capitalism, Socialism and Democracy* propose que l'innovation soit en fait le moteur du développement capitaliste.

Cette théorie de l'innovation reposait sur la définition d'«entrepreneur» de Schumpeter, qui se trouve à être une personne (ou un regroupement de personnes) apte à prendre des décisions commerciales qui déboucheront sur l'introduction de nouveaux produits, procédés et systèmes ou sur l'ouverture de nouveaux marchés et de nouvelles sources d'approvisionnement. *«Schumpeter estimait qu'un entrepreneuriat innovateur constituait plus une manifestation de la volonté qu'un acte intellectuel et que l'incroyable dynamisme de la société capitaliste s'expliquait par un leadership créateur.»*⁴ Un des grands apports de Schumpeter nous vient de sa conceptualisation des processus du changement technologique qu'il considérait comme étant linéaire, c'est-à-dire suivant le processus << invention => innovation => diffusion >>.

Par contre, dans ses observations, Schumpeter mettait beaucoup d'emphasis sur les innovations majeures et/ou sur les inventions révolutionnaires. Nous croyons qu'il a accordé trop d'importance à ces dernières et qu'il a sous-estimé le rôle des innovations graduelles dans le processus du changement technologique. Il oubliait en quelque sorte que le changement technologique dérive d'un processus continu de recherche et d'accumulation graduelle du savoir, où de petites innovations présentent souvent autant d'importance que les découvertes les plus révolutionnaires. Pour nous, l'attrait majeur du travail de Schumpeter provient de son concept de «destruction créatrice», qu'il définissait comme étant un processus continu pendant lequel les éléments désuets à l'intérieur d'une structure économique sont remplacés par des éléments neufs. Pour les fins de notre recherche, ce concept se révélera être très important. Il constituera en fait une des fondations sur lesquelles nous bâtirons notre conclusion.

⁴ Schumpeter, J. A., *Capitalisme, Socialisme and Démocratie*, 1er Edition français, Payot, Paris, 1951.

Mokyr (1990) a défini le progrès technique comme étant tout changement résultant de l'application de l'information au processus de production, ce qui permet d'améliorer le rendement, donc de produire la sortie désirée avec moins de ressources (ce qui provoque un gain de productivité) ou de fabriquer de nouveaux produits ou des versions améliorées. Pour ce faire, il n'est pas nécessaire d'utiliser des informations dites nouvelles, au contraire la majeure partie de la croissance provient de la diffusion d'informations déjà existantes.

On constate que les innovations ne sont pas toutes du même ordre, certaines sont majeures et d'autres sont plutôt progressives. *“Lorsque les historiens économistes regardent l'apport économique qu'ont les nouvelles technologies, ils constatent que la grande partie des gains de productivité provenant de la diffusion de progrès techniques ne sont pas en lien direct avec la première grande innovation. Au contraire, ces gains ne surviennent qu'au terme d'un processus passablement long d'apprentissage, de perfectionnement, d'extension et d'adaptation relatif au nouveau produit ou procédé.”*⁵

Certaines de ces nouvelles technologies deviennent des technologies dites “génériques”, c'est-à-dire des technologies qui, suite à leur apparition, permettent l'émergence d'autres innovations, et ce dans d'autres secteurs de l'économie. Mokyr (1990) parle de “macroinvention” pour décrire ces inventions qui peuvent générer plusieurs autres inventions complémentaires, qu'il appelle “microinventions”. Pour leurs parts Bresnahan et Trajtenberg (1995) parlent de “general purpose technologies” pour décrire le concept des technologies génériques. Ici il faut comprendre que les macroinventions sont très importantes car elles sont la source d'un ensemble de microinventions qui sont tout aussi importantes. Ces dernières seraient la véritable source de l'éventuelle croissance économique. Un modèle de croissance devrait accorder autant d'importance aux innovations majeures ayant marqué une révolution, qu'aux innovations graduelles et progressives dérivant d'un processus de recherche continu et d'une accumulation du savoir.

⁵ Hanel, P. et Niosi, J., *La technologie et la croissance économique: survol de littérature*, Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie, Montréal, 1998.

Freeman (1992) croit pour sa part que le nouveau paradigme de la "technologie de l'information" explique le paradoxe de la productivité. Pour lui, le ralentissement des gains de productivité observé dans les années 70 et 80 provient d'une crise structurelle d'adaptation ou de modification de paradigme techno-économique, crise accentuée par le développement inégal de certains secteurs de l'économie. Ceci nous amène à la dernière section dans notre revue de littérature, celle traitant des études qui portent plus spécifiquement sur le paradoxe de la productivité.

3.1.4 LE MODÈLE DE ESFAHANI (1991)

Un modèle que nous devons regarder attentivement est celui de Esfahani (1991). Même s'il ne discute pas d'innovation, son modèle apporte tout de même une intuition qui nous semble être des plus intéressante et que nous utiliserons plus dans nos vérifications empiriques. Pour Esfahani, ce sont les importations qui permettent la croissance économique étant donnée la capacité qu'ont ces dernières à faire entrer le capital nécessaire à l'augmentation de la productivité à l'intérieur d'une économie. C'est donc par la porte de l'importation que s'introduisent les innovations venant de l'extérieur. Par contre cette recherche de Esfahani portait sur des pays en voie de développement, ce qui ne représente pas la situation du Canada. Mais comme le Canada constitue une petite économie ouverte, nous pensons que les observations de Esfahani s'appliquent à l'économie canadienne. En quelque sorte, le Canada est importateur de technologies, il doit importer les nouvelles technologies pour pouvoir les intégrer à son économie.

Ceci explique notre choix de la variable importation dans le domaine des TIC comme variable explicative du ralentissement et de la croissance qui se sont produits durant la période étudiée. Pour nous, les importations canadiennes dans ce secteur représentent en quelque sorte le niveau de pénétration et d'intégration des nouvelles technologies dans l'économie du Canada. Ce niveau de pénétration et d'intégration est un proche cousin de la diffusion technologique chère à notre explication théorique. De plus, cette façon de faire différente diminue le risque de voir apparaître des problèmes de mesure, mentionnés dans d'autres recherches, étant donné la nature différente des données que nous utilisons par rapport aux études qui ont été faites jusqu'à maintenant sur le paradoxe de la productivité, qui elles utilisaient l'investissement dans les technologies de l'information, statistique qui est moins disponible.

3.2 LE PARADOXE DE LA PRODUCTIVITÉ

Plusieurs recherches ont été effectuées afin de donner une explication au paradoxe de Solow. Il n'est pas évident de pouvoir conclure l'apport qu'ont les nouvelles TIC sur la croissance de la productivité. Nous allons tout d'abord jeter notre regard sur certaines études portant sur la relation entre les nouvelles TIC et la productivité. En premier lieu, regardons les études qui ne peuvent établir un lien entre l'arrivée des nouvelles TIC et une certaine croissance de la productivité.

- ❑ Morrison et Berndt (1991) ont fait une analyse des industries manufacturières américaines pour une période s'étalant de 1968-1986. *“Grâce à leur modèle de production, ils ont trouvé que les bénéfices marginaux des investissements en capital de haute technologie étaient inférieurs aux coûts marginaux, indiquant donc un surinvestissement dans les nouvelles TIC de la part de l'industrie manufacturière.”*⁶
- ❑ Loveman (1994) a estimé une fonction de production Cobb-Douglas en utilisant un échantillon avec des données couvrant 60 filiales de grandes compagnies de 1978 à 1984 et n'a trouvé aucune évidence de gain de productivité provenant des investissements en TIC.
- ❑ Le “National Research Council” (1994) trouve que l'industrie des services qui investissait le plus dans les technologies de l'information au cours des années 80, comme les institutions financières, n'étaient pas celles qui avaient amélioré le plus leur productivité.
- ❑ Gould (1981), dans une expérience (où l'on contrôlait l'environnement) sur l'efficacité de l'édition de texte, trouvait que même si un gestionnaire prenait moins de temps à éditer un texte lui-même sur un support informatique, cette dernière façon de fonctionner était plus coûteuse que d'écrire le texte à la main et de le donner à sa secrétaire, étant donné que la valeur du temps du gestionnaire était plus grande que celle de la secrétaire.
- ❑ Enfin, Landauer (1995) examinait l'effet sur l'efficacité de certaines applications informatiques comme les logiciels de traitement de texte, la cueillette d'information, la livraison électronique de documents, les systèmes de support aux rencontres et les guichets automatiques. Ses trouvailles montraient aucun ou peu de gain d'efficacité sur le travail.

⁶ Gera, S., Gu, W. et Lee F., *Information Technology and Productivity Growth: An Empirical Analysis for Canada and the United States*, Micro-Economic Policy Branch, Industry Canada, 1997.

D'autres études pour leur part, montrent un effet positif entre les nouvelles technologies de l'information et la productivité, en voici quelques unes.

- ❑ Brynjolfsson et Hitt (1995) ont utilisé un échantillon de données sur les 300 plus grandes entreprises dans l'économie américaine pour une période allant de 1988 à 1992 et ont introduit trois catégories dans leur méthodologie:
 1. Ils avaient un facteur de contrôle pour les différences de productivité de chacune des entreprises à l'aide d'un paramètre, le "firm effects".
 2. Ils utilisaient une fonction de production "translog" dont les spécifications étaient moins restrictives que la fonction de production Cobb-Douglas.
 3. Ils permettaient à tous les paramètres de la fonction de production de pouvoir varier entre les différents sous-secteurs de l'économie.

Cette étude trouve donc que l'élasticité des investissements dans les technologies de l'information reste positive et statistiquement significative.

- ❑ Lichtenberg (1993) obtenait des résultats similaires en utilisant les mêmes données ainsi que des échantillons additionnels de données. *"En fait, son étude montrait que le produit marginal lié aux investissements dans les TIC était au moins six fois supérieur au produit marginal lié aux autres types d'investissement en capital."*⁷
- ❑ Siegel et Griliches (1991) trouvent une relation positive et statistiquement significative entre la productivité totale des facteurs et le taux d'investissement industriel dans les équipements informatiques durant les années 80. Par contre, ces auteurs ont soulevé une certaine inquiétude face à la fiabilité des données qu'ils ont utilisées.
- ❑ Osterman (1986) trouvait un impact positif des ordinateurs sur la productivité dans le travail de bureau.

On constate donc que ces différentes recherches amènent différentes conclusions et qu'il n'est pas possible à partir de ces résultats divergents de pouvoir s'arrêter sur une explication unique et unanime permettant de comprendre le paradoxe de la productivité.

⁷ Ibid.

Essentiellement, les recherches qui ont été faites sur le sujet pourraient être regroupées sous 3 écoles de pensée, ayant chacune des hypothèses différentes pour expliquer le paradoxe de la productivité. Les 3 grandes hypothèses que l'on retient des différentes recherches pour expliquer le paradoxe de la productivité sont les suivantes:

- ❑ Les bénéfices des nouvelles TIC sont déjà là, mais ils ne peuvent être pris en compte par le système statistique. Le paradoxe de la productivité proviendrait d'abord et avant tout d'un problème de mesure et d'une défaillance de notre système statistique.
- ❑ D'autres suggèrent que les bénéfices de l'arrivée des nouvelles TIC arriveront mais avec un certain retard. Nous serions très près de voir apparaître ces bénéfices.
- ❑ Enfin, la dernière hypothèse suggère que l'apport que pourrait avoir les nouvelles TIC sur l'économie dans son ensemble et plus particulièrement sur la productivité des facteurs a été surévalué et que finalement les nouvelles TIC auront peu ou pas d'impact sur la productivité.

Le cadre théorique que nous avons développé se rapproche en quelque sorte de la deuxième hypothèse voulant que les bénéfices de l'arrivée des nouvelles TIC arriveront avec un retard. Pour notre part, c'est le principe de destruction créatrice de Schumpeter qui explique ce retard, appuyé par les observations faites par Innis sur les ralentissements suite à une innovation dans les TIC et les explications amenées par Dudley sur les propriétés des 3 phases des cycles économiques de long terme. Regardons maintenant de plus près ce cadre théorique.

4. CADRE THÉORIQUE

Avant de définir de façon spécifique l'environnement théorique avec lequel nous travaillerons, il est impératif de tout d'abord jeter un regard sur les cadres théoriques existant jusqu'à maintenant. À cet égard, 2 grands axes théoriques sont à regarder. Il y a tout d'abord la théorie néoclassique de la croissance qui nous prédit qu'une économie devrait normalement converger vers un rythme stable de croissance déterminé par des changements technologiques qui s'avèrent être exogènes. Ensuite, viennent les modèles de croissance endogène avec capital humain. Ces derniers annoncent une augmentation du taux de croissance dans le temps, provoquée par une augmentation des connaissances, l'accumulation du capital ainsi que l'ouverture et la progression du marché (Lucas 1988; Romer 1990).

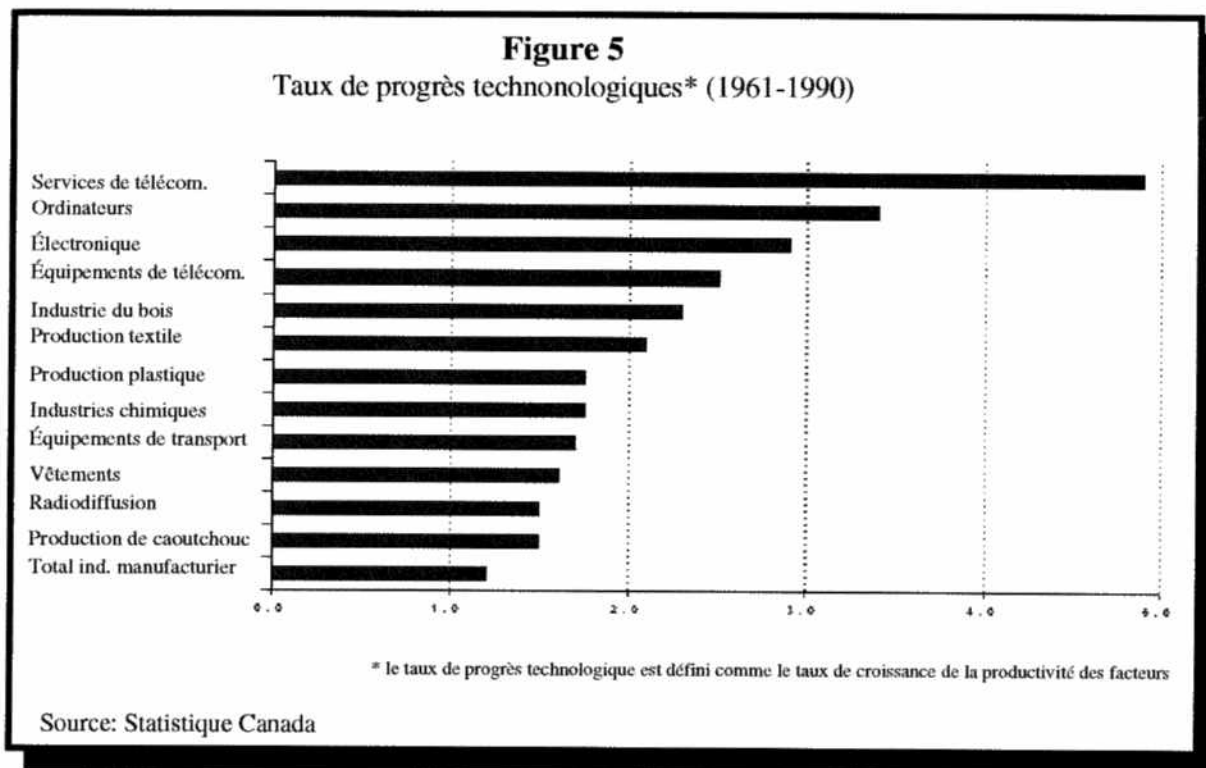
Malgré le rationnel qui soutient ces deux théories, elles éprouvent pourtant des difficultés d'interprétation lorsqu'on les introduit dans le contexte de la réalité économique des années 70. En effet, ces théories ne peuvent offrir une explication au ralentissement de la croissance économique qu'a connu la vaste majorité des pays industrialisés au cours la décennie 70. *Par une analyse comparative par rapport aux décennies précédentes, ces pays ont connu une forte décroissance du taux de productivité de l'ensemble des facteurs de production. Dans le cas des États-Unis, la croissance du produit intérieur brut (PIB) annuel moyen a diminué de 3,72 pourcent entre 1950 et 1973 à 2,32 pourcent entre 1973 et 1984.*⁸

Ces chiffres mettent donc en lumière les limites du modèle néoclassique et du modèle de croissance endogène avec capital humain qui ne peuvent donner raison à ce ralentissement, étant donné son absence de l'environnement théorique de ces dernières. Jusqu'à présent, les théories de la croissance ne fournissent pas d'explications aux ralentissements économiques qui se sont manifestés dans le passé et qui se manifesteront dans le futur. *Peut-on imaginer une explication théorique de la croissance qui admet une possibilité de ralentissement économique?*

⁸ Dudley, L., "Communications and economic growth", *European economic review*, vol. 43, 1999.

Avec l'aide des travaux de Innis et Dudley nous tenterons ici d'y arriver.

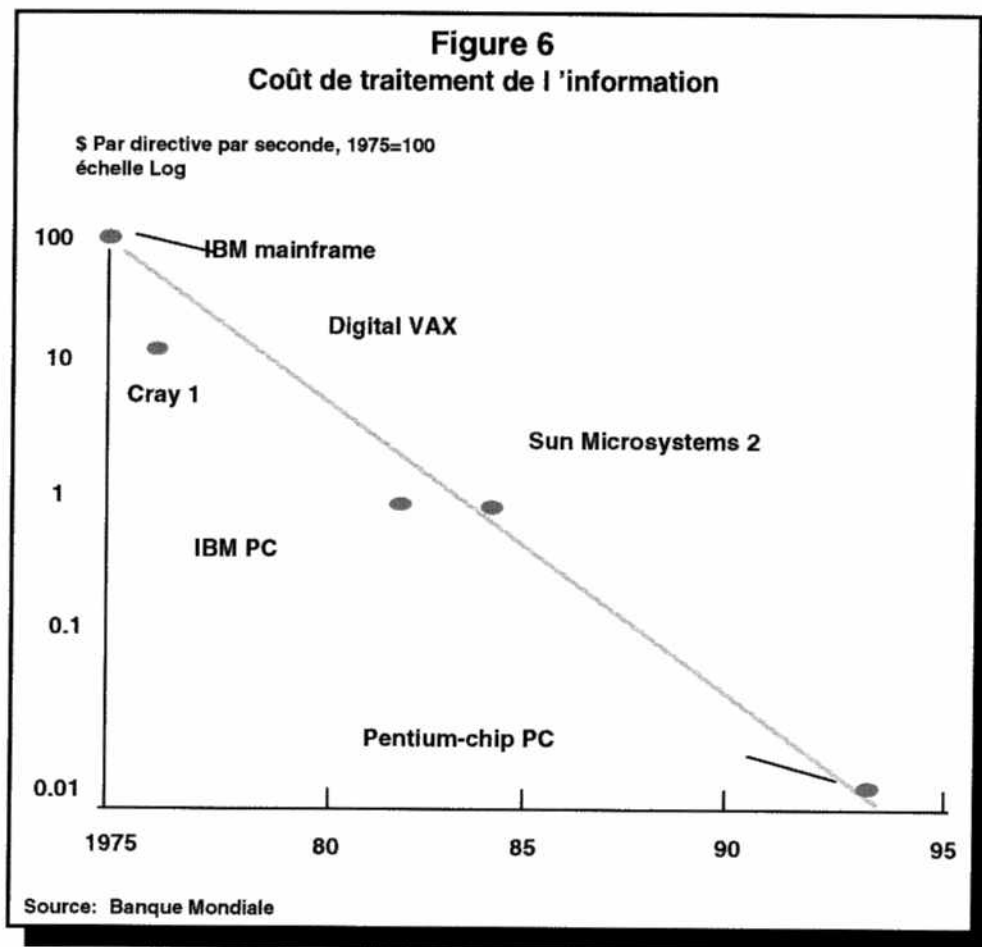
En regardant de plus près le contexte des années 70 et 80, on rencontre un paradoxe qui est très important pour nous étant donné son apport à la réalisation de notre tâche. En effet, même s'il y a eu un ralentissement de la croissance économique dans les années 70 et 80, ce ralentissement coïncidait avec une augmentation très rapide du taux d'innovation dans les technologies de l'information. Comme le démontre la Figure 5, les 4 secteurs qui nous intéressent, sont ceux qui ont le taux d'innovation technologique le plus élevé au cours de cette période.



Durant cette période, le circuit intégré diminuait les coûts de stockage de l'information d'environ 30 pourcent annuellement Forester (1987) et Dudley (1999). De 1991 à 1997, en seulement 6 ans, le coût de traitement de l'information des microprocesseurs a chuté de 230\$ à 3,42\$ par MIPS (millions instructions par secondes)⁹. Aucun autre produit manufacturé n'a réduit son coût à un niveau si bas, si rapidement.

⁹ Henry, D., Cooke S. et Montes S., *The emerging digital economy*, Département Américain du Commerce, <http://www.ecommerce.gov/emerging.htm>, 1998

La loi de Moore permet de mieux comprendre pourquoi avons nous connu de tels progrès dans le secteur des TIC. Ce que nous dit cette loi, c'est que la puissance des microprocesseurs double environ tous les 18 mois, et ce depuis les trente dernières années. En même temps, le prix moyen de ces mêmes microprocesseurs a chuté dans des proportions tout aussi impressionnante. *“Si les voitures s'étaient développées au même rythme que les microprocesseurs au cours des deux dernières décades, une voiture typique coûterait maintenant moins de 5,00\$ et ferait 250 000 milles au gallon.”*¹⁰



Est-ce simplement une coïncidence que l'augmentation du taux d'innovation des technologies de l'information se produise de façon parallèle à la chute du taux de productivité? Nous allons voir dans les prochaines lignes que cette contradiction est en accord avec la théorie proposée par Harold Innis il y a de ça 50 ans.

¹⁰ The economist, 28 septembre 1996

4.1 RETOUR SUR HAROLD INNIS

Dans *Empire and Communication* (1950) et dans un de ses premiers essais *The Bias of Communication* (1951), l'historien économiste canadien Harold Innis suggérait une théorie économique en trois phases portant sur l'impact des nouvelles technologies de communication sur l'activité économique. Pour expliquer le lien entre l'augmentation du taux d'innovation dans les technologies de communication et le ralentissement économique, **Innis expose une interaction entre le système de production d'une économie et ses technologies de communication pouvant générer de très longs cycles de croissance. Contrairement aux modèles discutés précédemment, son cadre théorique offre une explication aux périodes de ralentissement de long terme comme celle discutée auparavant.**

*“Pour comprendre l'hypothèse de Innis, il faut se placer dans un contexte où, à un certain moment, une seule technologie devient dominante dans le système de communication d'une société.”*¹¹ Pour Innis, le fait qu'un groupe contrôle le médium de communication dominant, permet à ce groupe de charger un prix de monopole aux utilisateurs, ce coût de l'information élevé tendra à encourager l'innovation dans ce secteur. Par la suite, si les tentatives d'innovation s'avèrent fructueuses, il y aura une phase où la nouvelle technologie sera utilisée de façon étendue. Éventuellement, et c'est un aspect très important, la nouvelle technologie concurrencera le médium dominant en place.

Selon Innis , c'est cette concurrence entre les médiums, ancien versus nouveaux, qui stimule la croissance, étant donné le changement dans la structure des prix de l'information qui tend plus vers un prix de marché concurrentiel. Pour Innis, lorsque deux ou plusieurs médiums de communication coexistent, la richesse se trouve à son summum. *“Par contre, une fois que le nouveau médium remplace l'ancien, un nouveau monopole est créé et la croissance économique est donc de nouveau étouffée. On constate donc que le modèle de Innis permet d'expliquer les ralentissements économiques.”*¹²

¹¹ Dudley, L., “Communications and economic growth”, *European economic review*, vol. 43, 1999.

¹² Ibid

On ne peut cependant garder sous silence que pour certains économistes, les hypothèses formulées par Innis ne peuvent constituer une théorie car elles ne contiennent aucune structure causale cohérente (Neill (1972) et Christian (1977)). *Avant d'aller plus loin, il serait opportun de se demander quels sont les caractéristiques qu'un modèle devrait posséder afin de permettre une analyse adéquate de la question?* Voici ce à quoi répondra Rosenberg (1992):

“Une théorie technologique sur les cycles de long terme doit démontrer qu'inventions, innovations, diffusion technologique et investissement, interagissent d'une façon qui soit compatible avec le mouvement particulier que suivent ces cycles.”¹³

Le modèle de Innis peut-il répondre aux conditions établies par Rosenberg? Récemment, Leonard Dudley a tenté de répondre à cette question en formalisant le modèle de Innis. Il a aussi analysé les trois dernières grandes périodes de croissance économique de l'histoire ainsi que leurs liens avec les technologies de communication et en a tiré des conclusions intéressantes que nous regarderons plus en détails dans la prochaine section.

¹³ Rosenberg, N., 1982, *Inside the black box. Technology and economics* (Cambridge university Press, Cambridge).

4.2 L'APPORT DU TRAVAIL DE DUDLEY

Principalement, dans son essai *Communication and economic growth (1999)*, Dudley a tenté de modéliser l'hypothèse de Innis voulant que:

*"...from the beginning of each growth cycle a small number of induced technological breakthroughs channel subsequent technological change in a specific direction."*¹⁴

Dans un premier temps, Dudley examinera les technologies de communication comme étant une structure fondamentale autour de laquelle l'économie européenne s'est organisée. Les trois cycles économiques sur lesquels il jette son regard sont les suivants:

- 1) du début du millénaire jusqu'au milieu du 15^e siècle;
- 2) de la renaissance jusqu'au milieu du 18^e siècle;
- 3) du milieu du 18^e siècle jusqu'au troisième quart du siècle présent.

De ses observations de ces périodes de croissance, Dudley tire certaines conclusions qui se révèlent être très intéressantes et qui méritent toute notre attention.

Dans un premier temps, il remarque que **les trois cycles semblent avoir trois phases à savoir: une période initiale de croissance relativement lente, une seconde période où il y a accélération et décélération du taux de croissance et enfin une phase finale où la croissance y est relativement lente (il peut même y avoir déclin)**. Nous regarderons plus en détails l'impact qu'a cette observation sur les conclusions de ce travail de recherche.

Par son analyse, Dudley remarque aussi que ces mêmes **cycles se font de plus en plus courts dans le temps** (de 450 ans à 300 ans à environ 225 ans), **mais aussi que le taux d'accélération de la croissance de chacun de ces cycles est lui, de plus en plus élevé** (de un vingtième de un pourcent à trois dixièmes de un pourcent et enfin six dixièmes de un pourcent).

¹⁴ Dudley, L., "Communications and economic growth", *European economic review*, vol. 43, 1999.

Est-il possible de supporter une explication à cette réalité qui semble caractériser les cycles économiques dans le temps?

Une des premières contributions majeures de Dudley au travail de Innis sera de caractériser selon des critères relatifs à l'information, une structure des réseaux de communication dans une économie.

Regardons de plus près quels sont ces critères:

- Coûts de transmission de l'information;**
- Coût de stockage de l'information;**
- Coût de décodage de l'information.**

Selon l'importance relative de chacun des trois coûts discutés, Dudley propose trois formes au niveau de la structure du réseau de communication.

1. Réseau de communication **centralisé**;
2. Réseau de communication **décentralisé**;
3. Réseau de communication **distribué**.

À l'aide de son modèle dont nous ne discuterons pas ici les détails, Dudley peut nous démontrer l'origine de chacun de ces réseaux de communication. Voici comment:

- **Supposons que les coûts de transmission de l'information sont relativement faibles par rapport aux coûts de stockage et aux coûts de décodage.** Alors, la théorie néoclassique prévoit que la transmission sera substituée au stockage et au décodage. Donc, ces deux dernières fonctions auront tendance à être concentrée en un même point, l'information sera donc transmise de ce point vers des "stations" en périphérie. En d'autres mots, **la société aura un système de communication centralisé comme celui illustré dans la figure 7.**

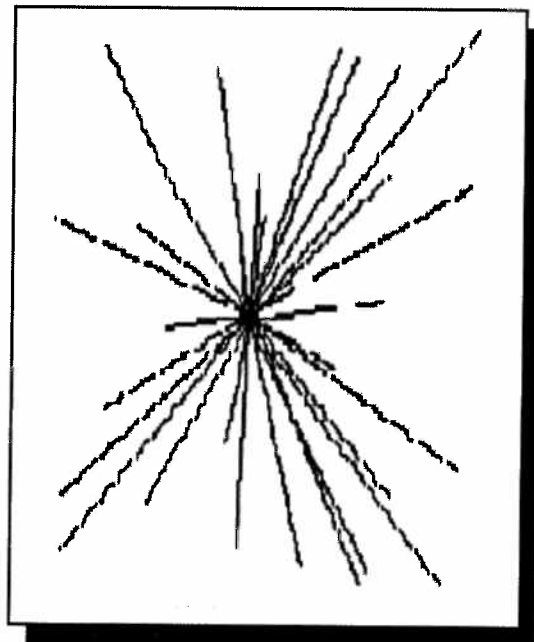


Figure 7: Réseau Centralisé
Source: Baran, Paul (Rand Corporation)

- **Admettons que les coûts de stockage de l'information sont relativement faibles par rapport aux coûts de transmission et de décodage.** Alors, on peut prévoir, en utilisant le même type d'analyse qu'au point 1, que le stockage de l'information se fera de façon décentralisée. Donc, plusieurs points remplaceront le point central décrit dans la première situation, réduisant ainsi la distance sur laquelle l'information est transmise. Par contre, dû au coût de décodage encore élevé, il y aura toujours un besoin "d'intermédiation" au point entre les producteurs et les utilisateurs des connaissances. **Le résultat sera une structure de réseau décentralisée comme celle illustrée dans la Figure 8.**

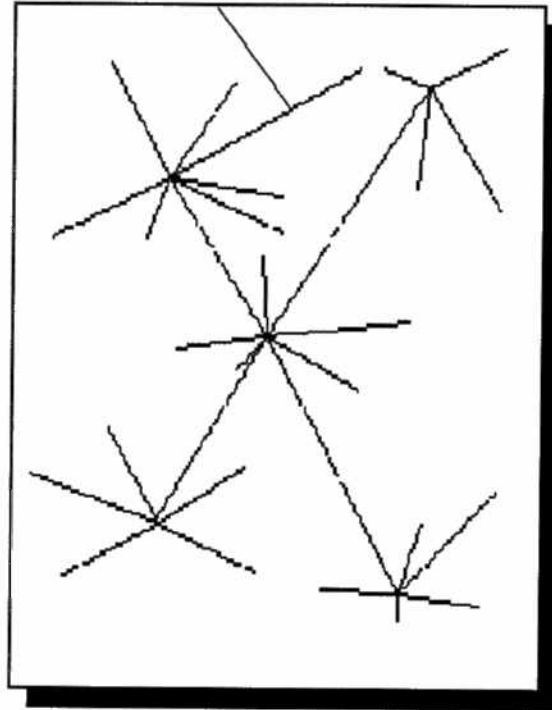


Figure 8: Réseau Décentralisé
Source: Baran, Paul (Rand Corporation)

- **Présumons que les coûts de décodage de l'information sont relativement faibles par rapport aux coûts de transmission et de stockage.** Alors, chacune des stations du réseau peut produire de l'information que chacune des autres stations peut utiliser. Enfin, **le résultat sera ici un réseau de communication distribué comme l'illustre la Figure 9.**

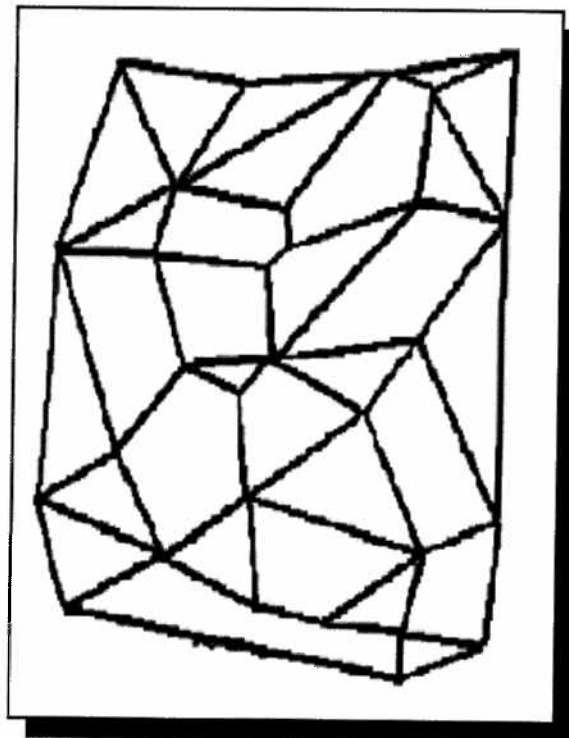


Figure 9: Réseau Distribué
Source: Baran, Paul (Rand Corporation)

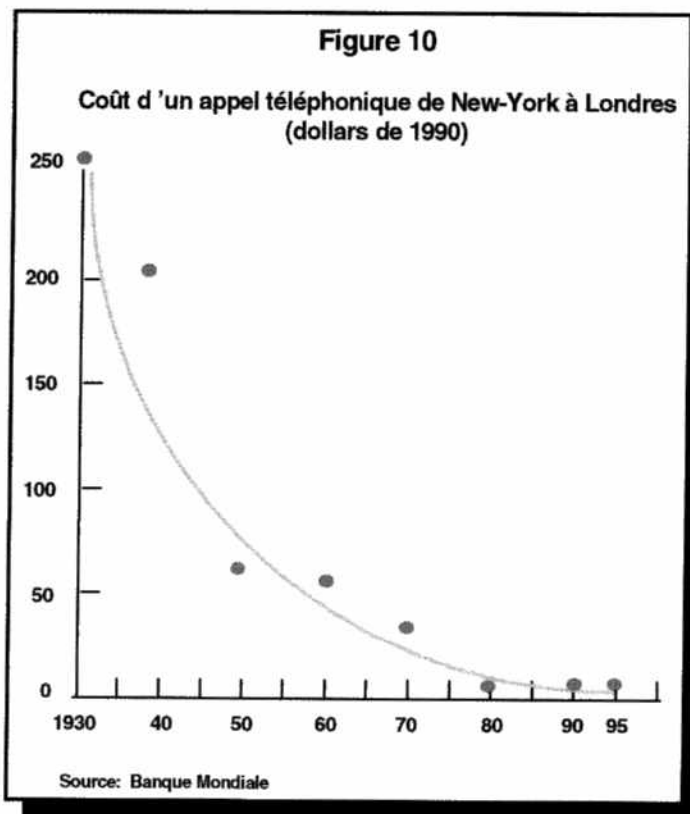
En y regardant de plus près, on peut voir qu'une innovation technologique dans un système de communication apportera une variation de la structure du réseau de communication étant donné que cette dernière devrait normalement faire varier les coûts relatifs de transmission, de stockage ou de décodage de l'information. Donc, afin de demeurer conséquent avec les idées lancées par Innis, cette variation de la structure du système de communication devrait mener éventuellement vers une croissance économique. *Mais est-ce qu'on retrouve ici toutes les raisons justifiant une croissance économique suite à une innovation dans le système de communication?*

4.3 SOURCES DE LA CROISSANCE ÉCONOMIQUE

Comme l'hypothèse apportée par Innis est contestable sous certains aspects, nous avons besoin de regarder quels sont les autres raisons pouvant expliquer la relation, dont nous prétendons l'existence, entre l'innovation dans un système de communication et la croissance économique. Lorsqu'on regarde ces sources de croissance économique, on voit bien pourquoi les innovations dans le domaine des technologies de l'information devraient être traitées différemment par rapport aux innovations qui surviennent dans les autres secteurs de l'économie.

4.3.1 INFORMATION COMME INTRANT DANS LES PROCESSUS DE PRODUCTION

Pour bien comprendre l'origine de la première source de croissance économique liée à l'innovation dans les technologies de l'information, il faut s'imaginer cette dernière (l'information) comme étant un intrant dans l'ensemble des processus de production d'une économie. On peut donc comprendre qu'une baisse de son coût amène une baisse généralisée des coûts de production, ce qui devrait donc stimuler le processus de croissance.



Par exemple, une baisse des coûts de l'interurbain profite à la vaste majorité des producteurs d'une économie, ce qui aura pour effet de la faire croître. La Figure 10 exprime bien l'importante diminution des coûts de l'interurbain qu'il y a eu au cours des 65 dernières années. Cette baisse des coûts a profité à l'ensemble des producteurs de l'économie. On peut donc supposer que cette baisse a pu servir de stimulant à la croissance étant donné sa présence dans une vaste majorité des processus de production.

4.3.2 SEMI-CONDUCTEUR VU COMME UNE MACROINVENTION

Mokyr (1990) utilisait la terminologie “**macroinvention**” pour décrire une invention pouvant générer plusieurs autres inventions complémentaires, qu’il appelle “**microinventions**”. Lorsqu’une économie voit apparaître une macroinvention, il y aura possibilité de croissance par l’arrivée des microinventions qui s’y rattachent. Bresnahan et Trajtenberg (1995) parlent plutôt de “**general purpose technologies**” pour décrire une technologie ayant les mêmes caractéristiques que la macroinvention. Voici leur définition des “general purpose technologies”:

“...there are a handful of ‘general purpose technologies’ (GPT’s) characterized by the potential for pervasive use in a wide range of sector and by their technological dynamism. As a GPT evolves and advances it spreads throughout the economy, bringing about and fastening generalized productivity gains.”¹⁵

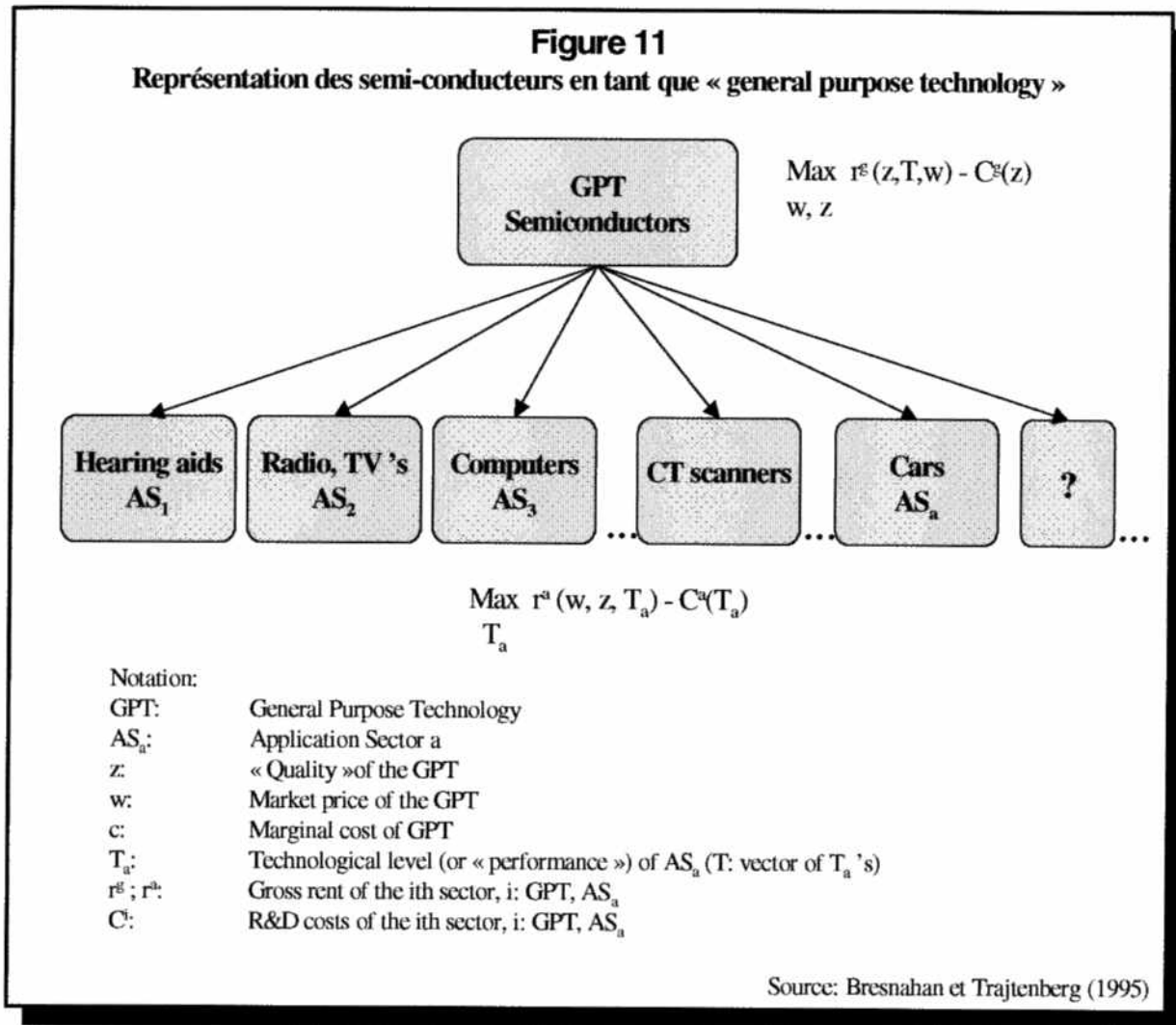
Et ils ajoutent ceci...

“Most GPT’s play the role of ‘enabling technologies’, opening up new opportunities rather than offering complete, final solution.”¹⁶

Nous voyons donc que ces technologies ou macroinventions ont un fort potentiel de croissance étant donné le pouvoir qu’elles ont de générer plusieurs autres inventions ou microinventions. Dans l’étude qui nous intéresse ici, nous considérons le semi-conducteur comme l’innovation majeure ou la percée fondamentale qui modifiera la nature des technologies de l’information depuis les années 50. Empiriquement, elle constituera notre point de référence en tant qu’innovation générant le cycle économique que nous tenterons d’analyser.

¹⁵ Bresnahan, Timothy E., and Manuel Trajtenberg; “General Purpose Technologies: Engines of growth?”, *Journal of econometrics* 65 (1), pp.83-108, Janvier 1995.

¹⁶ Ibid



Selon Bresnahan et Trajtenberg (1995), **le semi-conducteur est ce qu'on a appelé une GPT, donc son apparition a généré plusieurs autres innovations qui lui sont complémentaires, produisant ainsi la croissance économique qui y est associée.** Comme ici, nous considérons le semi-conducteur comme l'invention servant de point de départ à notre analyse, nous pensons que son arrivée à permis a plusieurs autres inventions de voir le jour.

4.3.3 AMÉLIORATION DU PROCESSUS D'INNOVATION

Tournons nous d'abord vers le processus de l'innovation en tant que tel. La meilleure interprétation sur la façon dont apparaissent les nouvelles inventions nous a été proposée par Arthur Koestler dans un livre intitulé *The Act of Creation* en 1964. Dans son ouvrage, Koestler démontre que les innovations surviennent lorsque les anciennes idées sont combinées d'une nouvelle façon. Plus près de nous, Weitzman (1995) a formalisé le processus dans un modèle de croissance recombinate. La croissance économique apparaît donc quand des techniques résultant de combinaisons efficaces d'anciennes idées remplacent la façon actuelle de faire les choses. *Si nous voyons l'innovation comme un processus de production, quelle place y tient le système de communication?*

Dudley (1999) soutient qu'il y aura externalité sur l'innovation en général suite à une variation de la structure d'un système de communication. Une nouvelle structure d'un système de communication provoque un changement qui favorise le processus créatif décrit par Koestler et Weitzman. Lorsqu'un tel changement survient, il y a une externalité sur l'innovation qui apparaît étant donné que la nouvelle structure de communication fait en sorte que des anciennes idées tombent dans de nouvelles mains, favorisant ainsi de nouvelles combinaisons de ces idées. Voici ce que Dudley affirme sur l'effet de l'innovation dans les communications sur les autres innovations:

*"In short, communication media are arguably the most fundamental of <enabling> technologies in that they help determine the direction in which research resources are applied, the degree of synthesis of existing ideas, and the speed of diffusion of the resulting discoveries."*¹⁷

En se basant sur ces observations de Dudley, on peut donc considérer les innovations dans le système de communication comme particulièrement importantes par rapport aux innovations dans les autres secteurs puisque les innovations dans ce secteur ont un effet sur l'ensemble des autres secteurs. Aussi, les technologies de l'information auraient un effet direct sur la durée des cycles économiques de par l'effet qu'elles ont sur la vitesse de diffusion des nouvelles technologies.

¹⁷ Dudley, L., "Communications and economic growth", *European economic review*, vol. 43, 1999.

4.3.4 CONCLUSIONS

En résumé, l'innovation actuelle et passée dans les technologies de l'information et de communication semble avoir augmenté à la fois, la vitesse de génération de nouvelles idées, et la vitesse de diffusion de celles qui existaient.

Nous pouvons constater qu'il existe plus d'une raison de croire que l'innovation dans le système de communication possède un statut particulier dans l'explication de la croissance. Mise à part l'explication apportée dans un premier temps par Innis, d'autres facteurs peuvent appuyer l'apport des communications à la croissance. Plus particulièrement l'apport du semi-conducteur sur le système de communication et sur l'économie dans son ensemble. Nous croyons avoir ainsi pu cautionner le choix des technologies de l'information (et du semi-conducteur) comme l'embryon principal des cycles économiques récents.

5. IMPACT SUR LES CYCLES ÉCONOMIQUES

Après avoir ressorti les principales causes de croissance économique liées à l'innovation dans les technologies de l'information, il est maintenant temps de se tourner vers l'impact que ces dernières ont sur les cycles économiques.

5.1 LES TROIS PHASES DES CYCLES ÉCONOMIQUES

Comme mentionné plus haut, Dudley avait remarqué trois phases spécifiques aux différents cycles qu'il avait observés. Plus spécifiquement, il parlera d'une **phase d'innovation**, d'une **phase de diffusion** et enfin d'une **phase de dominance**. Nous allons décrire de façon plus précise ces phases des cycles économiques.

5.1.1 LA PHASE INNOVATION

Il s'agit de la phase initiale du cycle économique où le **taux de productivité est bas** et possiblement en décroissance, le **taux de croissance est donc faible**. Ceci est dû à une **faible diffusion de l'innovation**. Paradoxalement, le **taux de changement technologique est lui élevé**. Cette phase a été caractérisée par Schumpeter (1951) par le concept de "**destruction créatrice**".

5.1.2 LA PHASE DIFFUSION

C'est la phase où **l'innovation est maintenant largement adoptée** et où le **taux de productivité des facteurs augmente**. Ainsi, le **taux de croissance s'accélère**. Par contre, le **taux de changement technologique est plus faible** par rapport à la phase précédente. Enfin, le taux de croissance de la productivité atteindra, avec le temps, un point où il se verra par la suite ralentir.

5.1.3 LA PHASE DOMINANCE

C'est la dernière phase du cycle où le **taux de croissance est faible**. Cela s'explique par le fait que le **taux d'innovation est maintenant faible** et que les innovations des périodes précédentes sont maintenant largement répandues, la **diffusion est donc elle aussi très faible**. Le faible taux d'innovation est dû au fait que le nombre de nouvelles idées pouvant être combinées avec les anciennes a diminué. Le potentiel de la macroinvention serait à toute fin pratique, épuisé.

5.2 DURÉE DES CYCLES

Ici, nous voulons seulement rappeler l'observation de Dudley sur les cycles économiques de long terme. De façon paradoxale, ces cycles de long terme semblent être de plus en plus courts dans le temps. Mais d'un autre côté, le taux d'accélération de la croissance pour chacun de ces cycles est lui, de plus en plus élevé. Cela s'explique par la croissance dans le temps de la vitesse de diffusion des nouvelles due à un système de communication qui serait de plus en plus efficace. Donc, la durée de chacune des phases décrites est de plus en plus courte.

Nous avons maintenant l'ensemble des outils nécessaires afin de pouvoir répondre, de façon théorique à la question posée au tout début de ce travail. Ce que nous ferons sans plus tarder

5.3 EXPLICATIONS SUR LE RALENTISSEMENT ÉCONOMIQUE DES ANNÉES 70

Rappelons-nous la question posée au début de ce travail, *les nouvelles technologies de l'information peuvent-elles expliquer le ralentissement économique des années soixante-dix?*

Si l'on considère l'arrivée du semi-conducteur comme l'innovation majeure dans les technologies de l'information, alors nous croyons pouvoir répondre à cette question. En faisant une telle hypothèse, on caractérise tout d'abord le semi-conducteur comme étant la macroinvention ayant entraîné l'arrivée de toutes les nouvelles technologies dans la micro-électronique. De plus, nous croyons reconnaître la phase innovation du cycle de croissance de long terme, expliquant le ralentissement des années 70 et celui du début des années 80. Si l'on reprend ce qui a été mentionné sur la phase innovation dans les paragraphes précédents, voilà ce que l'on découvre.

La phase innovation constitue la phase où: - **Taux de croissance est faible;**
- **Diffusion de l'innovation est faible, mais;**
- **Taux de changement technologique est élevé.**

En regardant la période qui a suivi l'arrivée du semi-conducteur jusqu'à nos jours, on remarque que les innovations dans le secteur des technologies de l'information évoluent de façon extrêmement rapide. Plus particulièrement dans le domaine de l'électronique où le taux d'innovation est très élevé. Dans cette même période, nous avons connu un ralentissement économique comme le prédit notre cadre théorique. Nous pensons bien que ce ralentissement s'explique de manière plus concrète par le fait que les innovations qui ont été faites au niveau des technologies de l'information n'étaient pas suffisamment rentables pour compétitionner avec les techniques de communication du cycle précédent, qui elles seraient toujours dans la *phase dominance*. C'est seulement dans la deuxième phase du cycle, c'est-à-dire la *phase diffusion*, que nous connaissons alors une croissance économique. Au même moment, le taux d'innovation commencera à diminuer mais, les nouvelles technologies elles deviendront alors rentables.

Bien avant nous, Schumpeter (1951) avait discuté, à sa manière de ce processus. Voici ce qu'il en disait:

*“En fait, l'impulsion fondamentale qui met et maintient en mouvement la machine capitaliste est imprimée par les nouveaux objets de consommation, les nouvelles méthodes de production et de transport, les nouveaux marchés, les nouveaux types d'organisation industrielle - tous éléments créés par l'initiative capitaliste...qui révolutionne incessamment de l'intérieur la structure économique, en détruisant continuellement ses éléments vieillis et en créant continuellement des éléments neufs. Ce processus de Destruction Créatrice constitue la donnée fondamentale du capitalisme...”*¹⁸

Nous constatons que l'ensemble de notre argumentation colle bien au concept de “destruction créatrice” de Schumpeter, ce qui nous semble être plus qu'encourageant.

¹⁸ Schumpeter, J.A.. 1951; Capitalisme, socialisme et démocratie, 1er édition française (Payot, Paris).

Mentionnons en terminant le travail de Perez (1983, 1985) qui nous parle du jeu entre le changement institutionnel et le changement technique dans son concept des "paradigmes techno-économiques". Pour lui, on atteint d'abord le potentiel d'un nouveau "paradigme techno-économique" dans un seul ou dans plusieurs secteurs de pointe. Ensuite, la diffusion technologique commence à affecter l'ensemble de l'économie seulement lorsqu'on a clairement démontré les effets de cette nouvelle technologie. Une plus longue période d'adaptation structurelle suit inévitablement puisqu'on se trouve aux prises avec une nouvelle infrastructure, de nombreux changements institutionnels, des compétences universellement accessibles ainsi que des matériaux et de l'équipement d'un nouveau genre. Cette période d'adaptation structurelle que décrit Perez se rapproche du concept de "destruction créatrice" et surtout démontre bien la possibilité de ralentissement de la croissance de la productivité et aussi de la production totale d'une économie lorsque nous nous retrouvons dans ce type d'environnement économique en transformation.

Il nous reste maintenant à vérifier le modèle théorique à l'aide d'observations qui sont elles bien réelles. La section 6 nous permettra de vérifier les hypothèses avancées par Innis et Dudley à l'aide d'un modèle empirique qui devra être confronté au test de causalité de Granger afin de révéler la nature empirique de la relation entre l'innovation dans les technologies de l'information et la croissance économique.

6. VÉRIFICATION EMPIRIQUE DU MODÈLE CROISSANCE ENDOGÈNE

“Number of years after the introduction of the electric dynamo in the early 1880s that it took for commercial electricity to yield significant productivity gains in the U.S. economy: 40. Time it took for the computer microprocessor to do the same following its 1971 introduction: still waiting.”

Report on business magazine, July 1999

Essentiellement, notre effort empirique portera sur la relation entre la croissance des importations dans les technologies de l'information et des communications (TIC) et la croissance du produit intérieur brut (PIB). Plus particulièrement, nous examinerons si le fait de connaître les données passées de la croissance des importations dans les TIC amène un plus grand pouvoir de prédiction de la croissance du PIB, que les prédictions basées uniquement sur les données passées de la croissance du PIB. Il s'agit ici de la définition empirique de la causalité de Granger. Cette façon de faire s'inspire du modèle empirique proposé par Esfahani dont nous avons discuté plus tôt.

De plus, les résultats que nous apporteront les tests de Granger (1969) nous permettront de déterminer quelle est la direction du lien de causalité à la Granger entre la croissance des importations dans les TIC et la croissance du PIB. Comme nous pensons que les importations peuvent représenter le degré d'intégration des nouvelles TIC dans l'économie canadienne, nous devrions donc retrouver, d'après notre modèle, un lien de causalité à la Granger entre les importations dans les TIC et la croissance économique. Ceci constitue en quelque sorte, le premier test empirique sur les hypothèses initialement lancées par Innis.

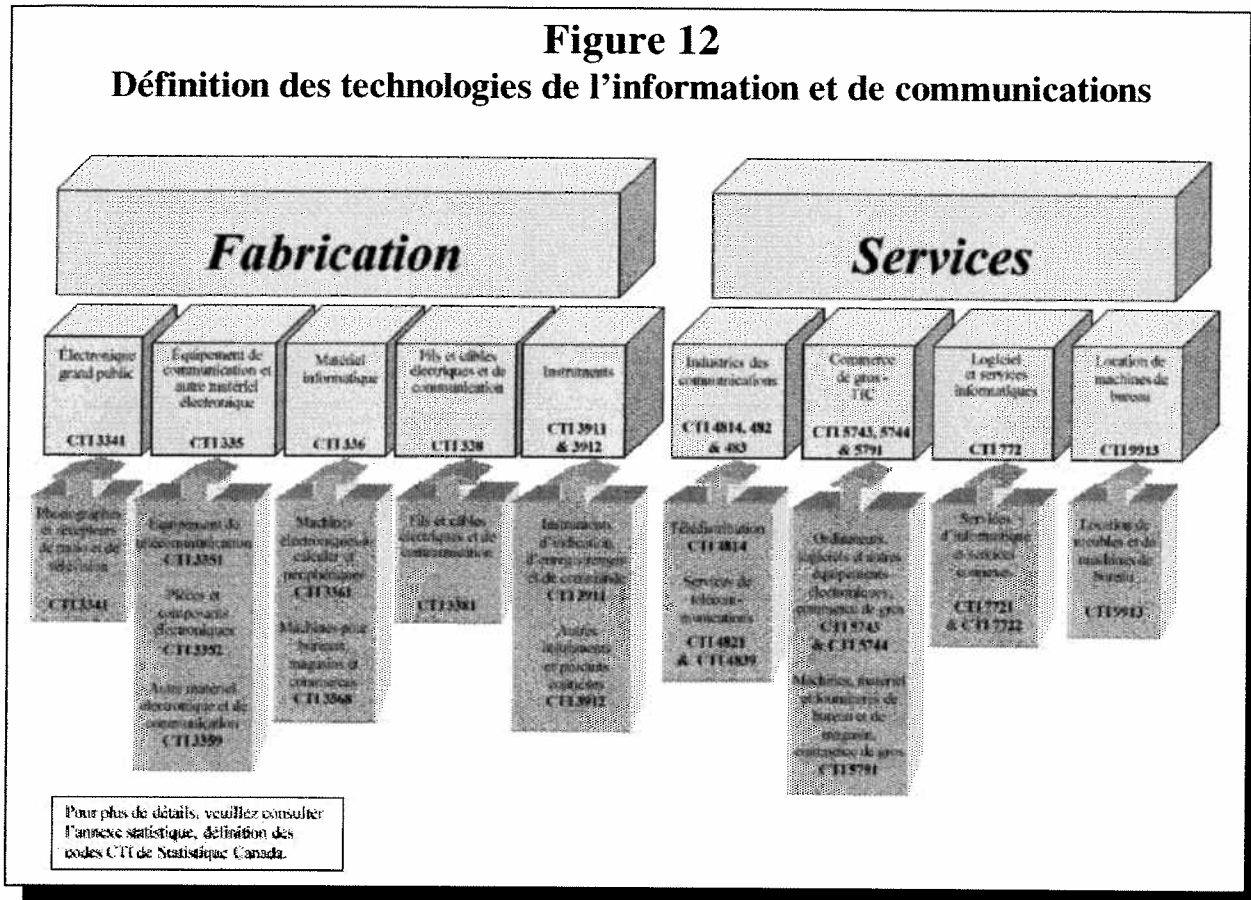
La prochaine section portera sur les données utilisées et leur pertinence pour cette étude; elle inclut aussi des graphiques concernant l'évolution de ces séries chronologiques. La section 6.2, elle portera sur le modèle économique utilisé pour effectuer les tests de causalité ainsi que sur la procédure utilisée pour effectuer ces tests. Aussi elle présentera les résultats obtenus de ces derniers. Enfin, la section 7 présentera les différentes conclusions de ce rapport de recherche.

6.1 DONNÉES UTILISÉES ET DÉFINITION DU SECTEUR

Comme nous venons de le mentionné nous utiliserons les données d'importations canadiennes dans les technologies de l'information pour représenter le niveau de pénétration des nouvelles technologies de l'information dans l'économie canadienne. Cette décision s'appuie tout d'abord sur la disponibilité des données d'importations canadiennes du secteur des technologies de l'informations et télécommunications par rapport aux données d'investissements dans ce même secteur. Mais, de façon plus théorique, nous voyons le Canada comme une petite économie ouverte qui se trouve à être "preneuse" de technologies, elle doit donc importer ces mêmes pour pouvoir les utilisées. Cette observation justifie en quelque sorte notre utilisation du modèle de croissance de Esfahani basé sur les importations.

6.1.1 DÉFINITION DU SECTEUR DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

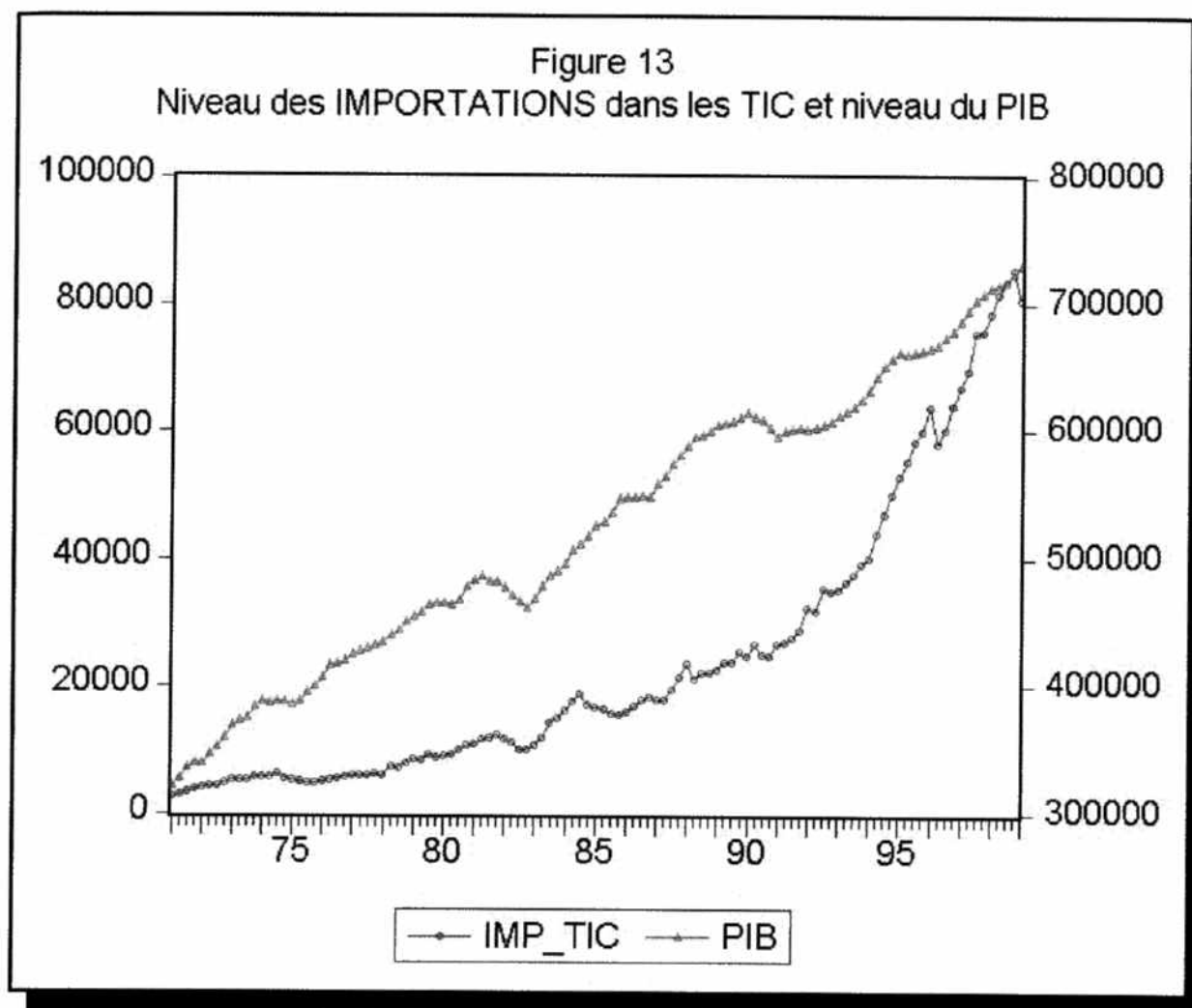
Tout d'abord, nous sommes intéressés par le secteur des technologies de l'information et des communications. Nous allons donc donner une définition à ce secteur de l'économie afin de mieux cerner les données pouvant éventuellement nous intéresser. La Figure 12 représente l'ensemble des variables faisant partie du secteur des TIC, selon Statistique Canada.



6.1.2 DONNÉES UTILISÉES

Pour les fins de notre recherche, nous avons utilisé des données s'étalant de 1971 à 1999 (les données pour les périodes précédentes n'étaient pas disponibles). Il s'agit de données trimestrielles en dollars constants (1992 = 100) désaisonnalisées. Nous retrouvons donc les importations réelles dans les TIC et le PIB réel. Ces données proviennent des matrices 3653 et 4680 de Statistique Canada.

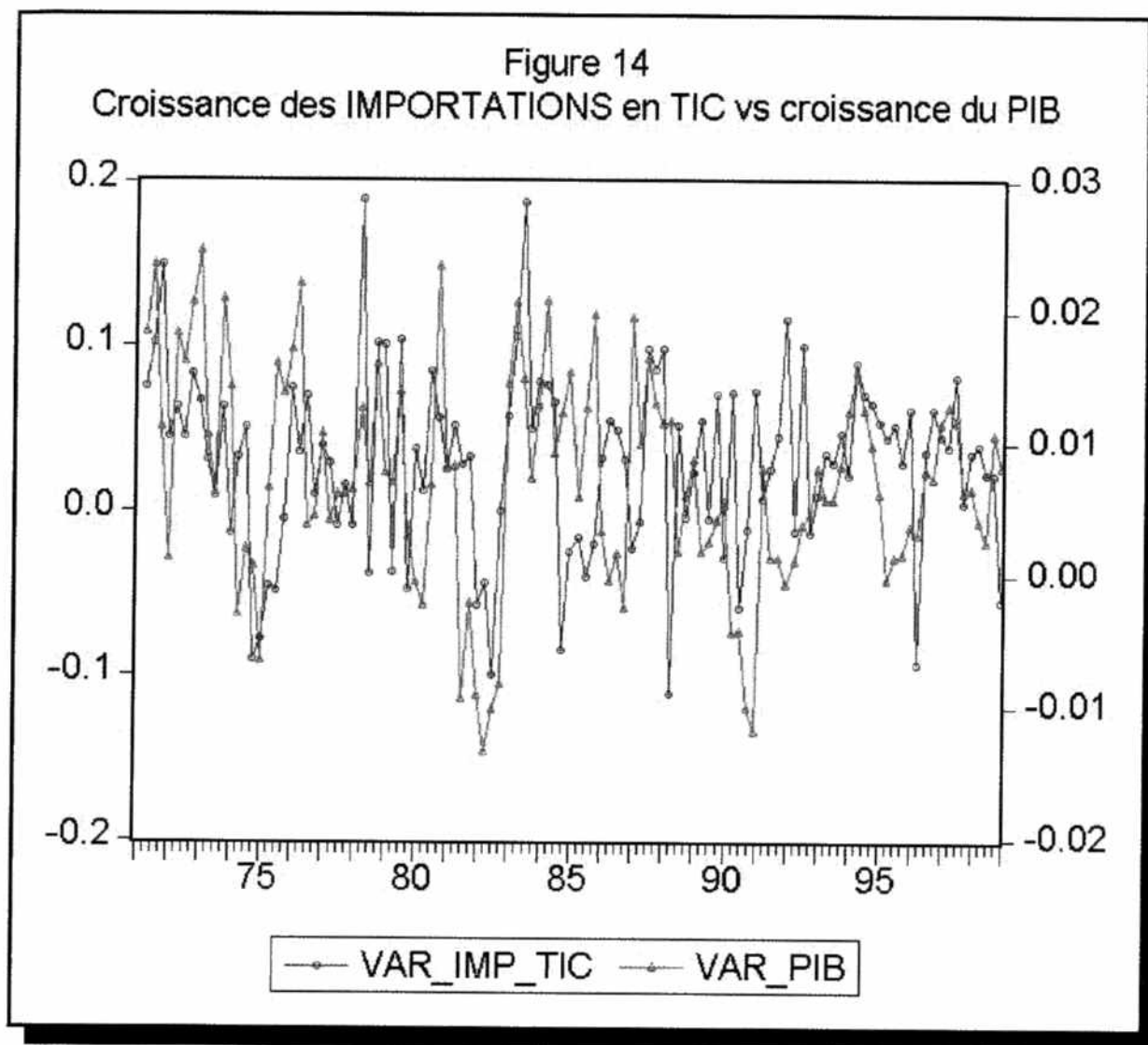
Sur la figure 13 nous avons le niveau des importations réelles dans les TIC (IMP_TIC) en terme de milliers de dollars de 92 ainsi que le niveau du PIB réel (PIB) en terme de millions de dollars de 92. On remarque que les deux séries ont une tendance à la hausse. Cela pourrait témoigner du fait que les deux séries suivent la même tendance. On trouve aussi pour ces variables IMP_TIC et PIB des moyennes de 23 878,86 et 526 017,30, et des écarts types de l'ordre de 22 062,69 et 110 971,70 respectivement.



La figure 14 quant à elle, représente la croissance des importations (VAR_IMP_TI) dans les technologies de l'information et la croissance du PIB (VAR_PIB).

On peut constater que les variations du PIB ont tendance à précéder les variations des importations dans les TIC durant la période allant de 1971 à 1985 et que la situation est inversée durant la période allant de 1985 à 1999 où l'on voit les variations dans les importations en TIC devancer les variations du PIB. Cette constatation est très importante car elle suggère un changement dans la structure de ces données au cours de la période allant de 1971 à 1999.

À partir de cette constatation, nous avons décidé d'effectuer le reste de notre analyse en divisant notre échantillon en deux périodes. La première période s'étend du premier trimestre de 1971 au quatrième trimestre de 1985 et la seconde période s'étirant du premier trimestre de 1986 au premier trimestre de 1999. De plus, cette action respecte la réalité de la conjoncture économique qui diffère durant ces deux périodes; la première correspond à un ralentissement de la croissance économique et la deuxième à une expansion économique.



Enfin, on trouve que les variables VAR_IMP_TIC et VAR_PIB ont une moyenne de 0,03 et 0,007 et que leur écart type est de 0,056 et 0,008 respectivement.

6.2 CAUSALITÉ DE GRANGER

6.2.1 MODÈLE ÉCONOMIQUE

Granger fait la prémisse que le futur ne peut causer le présent ou le passé. Si un événement A se produit après un événement B, on sait que A ne peut causer B. Cependant, si A se produit avant B, alors cela n'implique pas nécessairement que A cause B. Au sens de Granger, une variable X cause une autre variable Y, si l'utilisation des valeurs passées de X permet d'améliorer la prédiction de Y. Au niveau des tests empiriques, on peut appliquer cette définition en régressant Y sur les valeurs retardées de la variable X et ensuite vérifier si les coefficients de X sont statistiquement significatifs.

Il est important de noter que le fait que X cause Y au sens de Granger n'implique pas que Y est le résultat de X; la causalité de Granger mesure seulement la présence et le contenu de l'information mais, en aucun cas elle n'indique un lien de causalité au sens propre du terme.

Afin de tester si la croissance des importations dans les TIC cause la croissance du PIB au sens de Granger, nous allons utiliser les régressions suivantes:

$$VAR_PIB = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{\ell} \alpha_i (VAR_PIB)_{t-i} + \sum_{i=1}^{\ell} \beta_i (VAR_IMP_TIC) + \varepsilon_t \quad (1)$$

et

$$VAR_IMP_TIC = a_0 + \sum_{i=1}^{\ell} a_i (VAR_IMP_TIC)_{t-1} + \sum_{i=1}^{\ell} b_i (VAR_PIB) + u_t \quad (2)$$

Où,

VAR_PIB = taux de croissance du produit intérieur brut.

VAR_IMP_TIC = taux de croissance des importations dans les technologies de l'information et de communications.

ε et μ = termes d'erreur avec une moyenne 0

De plus, ℓ représente le nombre de retards utilisés dans les régressions.

Après avoir effectué ces régressions, nous utiliserons la statistique F sur les coefficients des équations (1) et (2) afin de réaliser le test de Granger. Si nous trouvons pour l'équation (1) que $\beta = 0$ alors on peut dire que VAR_IMP_TIC n'a pas d'effet sur le futur de VAR_PIB, c'est-à-dire que VAR_IMP_TIC ne cause pas VAR_PIB au sens de Granger. Par conséquent, l'hypothèse nulle représente donc la situation où VAR_IMP_TIC ne cause pas au sens de Granger VAR_PIB dans l'équation (1) et la situation où VAR_PIB ne cause pas au sens de Granger VAR_IMP_TIC dans l'équation (2). Passons maintenant aux résultats de ces tests.

6.2.2 RÉSULTATS DES TESTS DE CAUSALITÉ DE GRANGER

Pour effectuer les tests de Granger nous avons à décider du nombre de retard que nos variables devaient avoir. Nous avons cru bon de considérer un processus d'essai-erreur afin de découvrir quels seraient les résultats obtenus avec différents nombres de retards. Nous avons donc utilisé une méthode ad hoc où le choix du nombre de retards est arbitraire. Enfin, nous avons regardé deux périodes pour nos tests afin de pouvoir saisir les changements structurels potentiels de l'économie au cours de la période allant de 1971 à 1999. Les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux 1 et 2.

À la lumière des résultats obtenus, on peut conclure que **l'hypothèse nulle voulant que VAR_IMP_TIC ne cause pas au sens de Granger VAR_PIB, est rejetée pour la période allant de 1986:1 à 1999:1, lorsqu'on utilise 8,9,10,11 et 12 retards pour les variables explicatives. Cela se traduit par le fait que la croissance des importations dans les technologies de l'information et des communications cause la croissance du produit intérieur brut au sens de Granger.** En fait, les valeurs passées de la croissance des importations dans les TIC amènent une meilleure prédiction de la valeur de la croissance du PIB à un seuil de signification de 1% lorsque l'on emploie 9 et 10 retards pour les variables explicatives, le seuil passe à 5% lorsqu'on utilise 8 et 11 retards et enfin on rejette l'hypothèse nulle à 10% avec l'emploi de 12 retards. Voilà les seules situations où l'on a rejeté l'hypothèse nulle VAR_IMP_TIC ne cause pas au sens de Granger VAR_PIB.

Pour toutes les autres situations nous n'avons pu rejeter l'hypothèse nulle. On retrouve donc que VAR_PIB ne cause pas VAR_IMP_TIC au sens de Granger et ce pour les deux périodes. Et que VAR_IMP_TIC ne cause pas au sens de Granger VAR_PIB pour la première période allant de 1971:1 à 1985:1. Cette dernière constatation, comme nous le verrons en conclusion, s'avère être très importante.

TABLEAU 1: Test de causalité de Granger

Pour la période 1971:1 à 1985:4

# de retards (i)	Hypothèse nulle VAR_IMP_TIC cause VAR_PIB	Hypothèse nulle VAR_PIB cause VAR_IMP_TI
1	0.66799	0.2860
2	0.93177	0.17586
3	0.72129	0.30439
4	0.90473	0.36442
5	0.75559	0.45486
6	0.71382	0.36341
7	0.54552	0.21785
8	0.39406	0.18422
9	0.66656	0.24854
10	0.78796	0.29940
11	0.53977	0.34296
12	0.52761	0.40881
13	0.20024	0.33643
14	0.17570	0.37650
15	0.35837	0.59887

Notes: le tableau I nous montre les p-value obtenues des tests.

TABLEAU 2 : Test de causalité de Granger

Pour la période 1986:1 à 1999:1

# de retards (i)	Hypothèse nulle VAR_IMP_TIC cause VAR_PIB	Hypothèse nulle VAR_PIB cause VAR_IMP_TI
1	0.12396	0.19681
2	0.42706	0.19413
3	0.20803	0.18626
4	0.38530	0.22779
5	0.17736	0.18571
6	0.28292	0.36860
7	0.39878	0.42172
8	0.02997 **	0.52925
9	0.00166 ***	0.68097
10	0.00419 ***	0.64244
11	0.01693 **	0.71378
12	0.05142 *	0.78957
13	0.19295	0.92618
14	0.33457	0.29844
15	0.55205	0.59265

Notes: le tableau 2 nous montre les p-value obtenues des tests. ***, ** et * montrent les valeurs pour lesquelles la statistique est significative au seuil 1 pourcent, 5 pourcent et 10 pourcent, respectivement.

Le dernier tableau de ce travail renferme les résultats de la régression (1) avec 12 retards pour la période allant de 1986:1 à 1999:1.

TABLEAU 3 : Résultats de la régression (1)		
pour la période 1986:1 à 1999:1		
Variable (# de retards)	Coefficient	Statistique t
C	0.00701	26002
VAR_PIB(-1)	0.313906	1.253806
VAR_IMP_TIC(-1)	0.015034	0.701521
VAR_PIB(-2)	0.139162	0.509550
VAR_IMP_TIC(-2)	-0.002756	-0.123547
VAR_PIB(-3)	0.180244	0.708818
VAR_IMP_TIC(-3)	-0.029066	-1496843
VAR_PIB(-4)	-0.190728	-0.809238
VAR_IMP_TIC(-4)	-0.021407	-1.024210
VAR_PIB(-5)	0.111625	0.460201
VAR_IMP_TIC(-5)	0.011471	0.585990
VAR_PIB(-6)	0.297704	1.367451
VAR_IMP_TIC(-6)	0.031793	1.629562
VAR_PIB(-7)	-0.156816	-0.684147
VAR_IMP_TIC(-7)	0.010878	0.540507
VAR_PIB(-8)	-0.361175	-1.812350
VAR_IMP_TIC(-8)	0.052744*	2.542444*
VAR_PIB(-9)	-0.098008	-0.479386
VAR_IMP_TIC(-9)	0.059547*	2.333312*
VAR_PIB(-10)	0.002164	0.011469
VAR_IMP_TIC(-10)	0.019605	0.706069
VAR_PIB(-11)	-0.088111	-0.479665
VAR_IMP_TIC(-11)	-0.003253	-0.118687
VAR_PIB(-12)	0.032909	0.219571
VAR_IMP_TIC(-12)	-0.017903	-0.597944

Note: Le tableau 3 nous montre les coefficients significatifs avec * au seuil 0.5%.

On remarque de cette régression, que la variable de la croissance importations dans les TIC (VAR_IMP_TIC) est significative seulement avec 8 et 9 retards. Mais ce qui est important de remarquer, c'est le signe positif du coefficient de ces variables significatives, indiquant ainsi un apport positif de la croissance des importations à la croissance du PIB. De plus, cet effet positif de la technologie importée dans les TIC sur la croissance du PIB arriverait avec un certain retard. Regardons maintenant les différentes conclusions que nous pouvons tirer de cette recherche.

7. CONCLUSION

De plus en plus d'économistes croient que la révolution numérique en cours, aura autant d'impact sur l'économie que la révolution industrielle. Lancée par les immenses progrès que nous promettait le semi-conducteur, cette révolution n'a pas encore atteint son apogée. Elle offre des possibilités que nous avons encore peine à imaginer. Nous parlons déjà de la nouvelle génération comme étant celle des enfants de l'internet. Cette génération qui, malgré son jeune âge, maîtrise déjà mieux les nouvelles technologies de l'information que savent le faire leurs aînés. Ceci nous démontre une partie de l'ampleur et de la vitesse des changements en cours, témoignages et signes fidèles à toutes révolutions.

Le semi-conducteur est l'innovation majeure qui a rendu possible la réalisation massive d'innovations en micro-électronique, qui à leurs tours permettaient (et permettrons) à de nouveaux médiums de communication de compétitionner les anciens médiums dominants. Le micro-processeur, sous l'effet de la Loi de Moore, a vu son coût être en perpétuelle chute libre, rendant ainsi de plus en plus compétitives les nouvelles technologies de l'information par rapport aux systèmes de communication traditionnels. Qu'aurait pensé Innis de tous ces bouleversements?

Comme un volcanologue assistant à sa première éruption volcanique, Innis aurait sûrement apprécié vivre l'excitation de cette révolution numérique. Il aurait su reconnaître, à travers l'arrivée de nouvelles technologies comme l'informatique, l'internet, les communications par satellite et la téléphonie sans fil, sa description de cette compétition entre les nouveaux médiums de communication et les anciens suite à une innovation majeure dans les technologies de l'information. Du coup, Innis aurait reconnu aussi la grande métamorphose de la structure même du système de communication. Innis (1950), dont l'explication théorique montrait que, *la richesse économique provenait avant tout d'une compétition entre anciens et nouveaux médiums de communications*, aurait pu donner une explication contemporaine au paradoxe de la productivité et au ralentissement économique des deux décennies qui nous ont précédées. Comment? Voici.

Dudley (1999) mentionne dans *Communications and Economic Growth*;

"If he had lived to see this period, Innis would likely have recognized the characteristics of the first or innovation phase of is technological cycle."

Le période dont fait mention Dudley, est celle du ralentissement économique ayant eu lieu dans les années 1970 et 1980, période durant laquelle Solow a observé ce fameux paradoxe de la productivité. Ce paradoxe serait pour Innis, l'embryon d'une possible validation de sa théorie. Comme le mentionne Dudley, Innis aurait sûrement reconnu dans cette période de ralentissement, **la phase innovation**, qui se produit suite à l'arrivée d'une nouvelle technologie de l'information. Dudley (1999), en actualisant les travaux d'Innis, décrivait cette phase innovation comme étant une phase où, suite à une innovation dans les technologies de l'information (ici le semi-conducteur), le taux de productivité est bas (possiblement en décroissance) et le taux de croissance économique est faible, dû à la faible diffusion de l'innovation. Cette phase est aussi caractérisée par un taux de changement technologique élevé, nous avons donc toutes les raisons de croire que la période que nous étudions se trouvait, du mois au départ dans cette phase innovation. D'autres ont décrit cette phase innovation avec d'autres concepts, qui en somme regroupe les mêmes attributs que ceux de la phase innovation. Ici, je parle de Freeman et de Perez, mais je pense surtout à Schumpeter et à son concept de "destruction créatrice".

Freeman (1992) et Perez (1983, 1985), expliquaient le paradoxe de la productivité à l'aide du concept de paradigme "techno-économique". Pour eux, cette crise de la productivité (et le ralentissement économique) s'expliquerait par cette longue période qui suit l'adoption d'une nouvelle technologie où l'on se retrouve avec une crise structurelle d'adaptation, puisqu'on est aux prises avec une nouvelle infrastructure et de nombreux changements institutionnels. Mais c'est Schumpeter (1950) qui décrira le mieux le processus se produisant lors de la phase innovation avec l'aide du concept de "destruction créatrice". La "destruction créatrice" représente la période où l'économie voit sa structure changer suite à l'arrivée d'une nouvelle technologie. C'est durant cette période que l'économie doit éliminer ses éléments vieillissants pour les remplacer par des éléments neufs.

De manière concrète, la période de ralentissement économique des deux décennies précédentes, s'expliquerait par le fait que cette période, se trouvait en plein processus de "destruction créatrice" de Scumpeter. Avec ce concept, on comprend mieux pourquoi les taux de productivité et de croissance sont faibles durant cette phase de changements structurels car ces changements sont néfastes pour la santé économique de cette même période. Vu sous cet angle, le paradoxe de la productivité perd donc tout son sens. Pour nous, les bénéfices des nouvelles technologies de l'informations arriveront avec un certain retard. Nos résultats empiriques suggèrent mêmes, le début de cette récolte des bénéfices.

Comme le mentionnait Dudley (1999), le vrai test de la théorie de Innis est à venir étant donné que la théorie suggérée par ce dernier prévoit une croissance économique dans la phase à venir, c'est-à-dire la phase diffusion. Par contre, nous avons tout de même tenté de regarder s'il n'était pas possible de conclure sur les explications d'Innis et Dudley à l'aide de données empiriques. Nous pensons l'avoir fait et comme nous le verrons, les résultats obtenus des tests empiriques sont en accord avec notre modèle théorique de départ.

Pour tester notre théorie nous avons utilisé le test de causalité de Granger. Ici, il s'agissait de voir l'apport qu'avait l'ajout des variables retardées sur la croissance des importations canadiennes dans les TIC sur la prédiction de la variable croissance du PIB canadien, par rapport à des prédictions uniquement basées sur la variable retardée de la croissance du PIB canadien. Comme la Canada est une économie ouverte, nous avons utilisé les valeurs passées de la variable de la croissance des importations dans les TIC au Canada, pour nous elles représentent le niveau d'intégration des TIC dans l'économie canadienne durant cette période. Nous avons effectué le test de Granger sur deux périodes, la première allant de 1971 à 1985 et l'autre allant de 1986 à 1999 dans un souci de comparaison.

Le fait d'avoir trouvé une relation de causalité de Granger pour la croissance des importations dans les technologies de l'information vers la croissance économique pour la période de 1986 à 1999 suggère que l'innovation récente dans les technologies de l'information, c'est-à-dire l'arrivée du semi-conducteur en soit au début de sa phase diffusion. Rappelons que la phase diffusion est la phase où l'innovation est largement adoptée, le taux de productivité des facteurs augmente et enfin le taux de croissance s'accélère.

Qu'en est-il de la période allant de 1971 à 1985? Étant donné que nous croyons que la période de 1986 à 1999 représente le début de la phase diffusion nous pouvons en déduire que la période allant de 1971 à 1985 correspond donc à la phase précédente, c'est-à-dire la phase innovation. Durant cette phase, le taux de productivité est bas et possiblement en décroissance, le taux de croissance est donc faible dû, en partie, à une faiblesse de la diffusion de l'innovation. Cette faible diffusion de l'innovation signifie pour nous un faible niveau d'intégration de la technologie, dans notre cas cette intégration est représentée par la croissance des importations dans les TIC. Le modèle prédit donc que durant cette phase, l'arrivée de la technologie n'influence pas encore le taux de croissance économique. Il n'est donc pas surprenant que nous ne trouvions pour cette période aucun lien de causalité à la Granger entre la croissance des importations dans les technologies de l'information et la croissance du PIB. Enfin, nous constatons que les résultats empiriques s'harmonisent avec l'explication théorique.

Nous pensons que le modèle économique que nous avons employé permette d'intégrer plusieurs facettes de la croissance et de l'innovation. Toute son originalité vient sans aucun doute de sa capacité d'expliquer le ralentissement économique et le paradoxe de la productivité (durant la période débutant au début des années 70 et se terminant dans la première moitié des années 80) à l'aide d'un concept aussi important que la "destruction créatrice". Ces deux aspects, le ralentissement d'une part et la "destruction créatrice" d'autre part, sont des éléments qui devraient, à notre avis, être inclus dans les futures théories de croissance endogène.

Enfin, si comme nous le pensons, nous nous trouvons au départ de la phase diffusion de cette innovation qu'est le microprocesseur, alors une période de croissance économique de long terme est à prévoir. Combien de temps durera ce cycle de croissance et quel sera ce taux de croissance? Difficile à dire. Mais, en se basant sur les observations passées de Dudley (1999) sur les cycles précédents de croissance à long terme, le cycle actuel de croissance de long terme devrait être plus court que ses prédécesseurs, mais en contrepartie son taux d'accélération devrait, lui, être plus élevé.

BIBLIOGRAPHIE

Abramovitz, Moses. *Thinking about growth: And other essays on economic growth and welfare. Studies in Economic History and Policy The United States in the Twentieth Century*, Cambridge University Press, Cambridge, New York et Melbourne 1989, pages 127-47. Publié auparavant [1956].

Bresnahan, Timothy E., and Manuel Trajtenberg; "General Purpose Technologies: Engines of growth?", *Journal of econometrics* 65 (1), pp.83-108, Janvier 1995.

Brynjolfsson, Ernst R. and Lorin Hitt, "Information Technology as a Factor of Production: The Role of Differences among Firms," *Economics of Innovation and New Technology*, 3, pp. 183-199, 1995.

Christian, W., "Harold Innis as political theorist," *Canadian Journal of Political Science* 10, p. 21-42, 1977.

Dudley, L., "Communications and economic growth", *European economic review*, vol. 43, 596-619, 1999.

Esfahani, H.S., "Exports, imports, and economic growth in semi-industrialized countries," *Journal of Development Economics* 35, 93-116, 1991.

Freeman, C., "The economics of technical change", *Cambridge Journal of economics* 18, 463-514, 1994.

Freeman, C., *The Economics of Hope. Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment*, London, Pinter, 1992.

Forester, T., *The story of the information technology revolution*, MIT Press, Cambridge, 1987.

Gera, S., Gu, W. et Lee, F., *Information Technology and Productivity Growth: An Empirical Analysis for Canada and the United States*, Micro-Economic Policy Branch, Industry Canada, 1997.

Gould, J.D., "Composing letters with computer-based text editor," *Human Factors*, vol.23, pp. 593-606, 1981.

Granger, C.-W.-J., "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods", *Econometrica*, 37(3), pages 424-38, 1969.

Grossman, Gene, M. and Helpman, E., "Endogenous Innovation in the Theory of Growth," *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), hiver, pp.3-22, 1994.

Hanel, P. et Niosi, J., *La technologie et la croissance économique: survol de littérature*, Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie, Montréal, 1998.

Innis, H. A., *Empire and communications*, Clarendon, Oxford, 1950

Innis, H. A., *The bias of communication*, University of Toronto Press, Toronto, 1951

Koestler, A., *The act of creation*, Macmillan, New York, 1964.

Landauer, Thomas K., *The trouble with Computers: Usefulness, Usability, and Productivity*, MIT Press, Cambridge, 1995.

Lichtenberg, Frank R., "The Output Contributions of Computer Equipment and Personnel: A Firm-level Analysis," *NBER Working Paper No. 4540*, 1993.

Loveman, Gary, "An Assessment of the Productivity Impact of Information Technologies, Management in the 90s," *Information Technology and the Corporation of the 1990s*, éditer par Thomas J Allen et Michael S. Scott Morton, Oxford University Press, 1994.

Lucas,-Robert-E., Jr., "On the Mechanics of Economic Development," *Journal-of-Monetary-Economics*, 22(1), p. 3-42, 1988.

Mokyr,J.,1990, The lever of riches. Technological creativity and economic progress (Oxford University Press, New York).

Morrison, Catherine J. and Ernst R. Berndt, "Assessing the Productivity of Information Technology Equipment in U.S. Manufacturing Industries," *NBER Working Paper No.3582*, 1991.

National Research Council, Information Technology in the Service Sector, Committee to study Impact of information Technology Performance of Service Industries (Washington, D.C.: National Academy Press), 1994.

Neill, R.F., *A new theory of value. The Canadian economics of H.A. Innis*, University of Toronto Press, Toronto, 1972.

Osterman, Paul, "The impact of Computers on the Employment of Clerks and Managers," *Industrial and Labor Relations Review*, pp. 175-186, 1986.

Perez, C., "Structural Change and the Assimilation of New Technologies in the Economic and Social System", *Futures*, 15(4), pp.357-375, 1983.

Perez, C., "Micro-electronics, Long Waves and World Structural Change," *World Development*, 13,(3), pp. 441-463, 1985.

Romer, Paul M., "The origins of Endogenous Growth," *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), hiver, pp.3-22, 1994.

_____, "Endogenous Technical Change," *Journal of Political Economy*, 98, pp. 71-102, 1990.

_____, "Increasing Returns and Long-Run Growth," *Journal of Political Economy*, 94, 5 octobre, pp.1002-37, 1986.

Rosenberg, N., *Inside the black box. Technology and economics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1982.

Schumpeter, J. A., *Capitalisme, Socialisme and Démocratie*, 1er Edition français, Payot, Paris, 1951. (Première publication anglaise sous *Capitalism, Socialism and Democracy*, 1942)

_____, *Business cycles : a theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process*, New York, McGraw-Hill, 1939.

Siegel, D. and Z. Griliches, "Purchased Services, Outsourcing, Computers and Productivity in Manufacturing," *NBER Working Paper NO. 3678*, 1991.

Solow, "A Contribution to the Theory of Economic Growth," *Quarterly Journal of Economics*, (février) 70, pp.65-94, 1956

Weitzman, M., "Recombinant growth", Economics Department, Harvard University, 1995.

RÉSEAUGRAPHIE

Booz-Allen & Hamilton, Survey of North American financial institutions, <http://www.bah.com/>, 1996.

Henry, D., Cooke S. et Montes S., *The emerging digital economy*, Département Américain du Commerce, <http://www.ecommerce.gov/emerging.htm> , 1998

Claveau G., Hoover S. et De Tonnancour S., *Analyse statistique des technologies de l'information et des communications 1990-1997*, Industrie Canada, <http://strategis.ic.gc.ca> , 1999

Insight Research Corporation, <http://www.insight-corp.com/> , 1996.

Nua, Nua internet survey, <http://www.nua.ie/> , 1999.