

Utilisation des technologies et transformation industrielle: Perspectives empiriques

par John R. Baldwin*, Brent Diverty et David Sabourin*****

Division de l'analyse micro-économique

No. 75

11F0019MPF No. 75

ISSN: 1200-5231

ISBN: 0-662-99182-6

24A, Édifice R.H. Coats, Ottawa, K1A 0T6

Télécopieur: (613) 951-5403

* Téléphone: (613) 951-8588

Email: BALDJOH@STATCAN.CA

** Téléphone: (613) 951-5269

*** Téléphone: (613) 951-3735

Août 1995

Rapport présenté dans le cadre de la conférence intitulée «Technology, Information and Public Policy», qui s'est tenue au John Deutsch Institute for the Study of Economic Policy, Queen's University, en novembre 1994.

Les auteurs assument seuls la responsabilité des opinions dans le présent document qui ne représente pas nécessairement le point de vue de Statistique Canada.

Also available in English

RÉSUMÉ

La présente étude porte sur l'utilisation de la technologie au sein du secteur manufacturier au Canada et sur le rendement d'un groupe d'établissements manufacturiers qui utilisent la technologie par rapport à un groupe de non-utilisateurs. Les données ont été tirées d'une enquête menée récemment par Statistique Canada, dans le cadre de laquelle on interrogeait des entreprises de fabrication au sujet de leur utilisation de 22 technologies manufacturières de pointe; d'autres données avaient été recueillies au moyen d'un échantillon constant dans le cadre du Recensement des manufactures.

Les résultats montrent que l'utilisation des technologies de pointe est répandue dans le secteur manufacturier et particulièrement dans les grandes entreprises, que les multiples technologies constituent la norme et que les technologies sont généralement combinées à l'intérieur même des étapes de production par opposition à un combinaison de différentes étapes. La révolution technologique a touché davantage le groupe inspection et communications, et moins le groupe fabrication et assemblage. En ce qui a trait au rendement, les établissements qui utilisent de la technologie versent des salaires plus élevés, bénéficient d'une productivité du travail supérieure et s'approprient des parts de marché aux dépens des non-utilisateurs.

Mots clés : technologie, marché du travail, taux de rémunération, concurrence.

SOMMAIRE

Le présent rapport, intitulé *Utilisation des technologies et transformation industrielle: perspectives empiriques*, montre de quelle façon les technologies informatiques de pointe sont en voie de transformer le secteur manufacturier et présente le rendement d'un groupe d'établissements utilisateurs de la technologie par rapport à un groupe de non-utilisateurs.

Les résultats proviennent d'un couplage d'une enquête sur la technologie menée par Statistique Canada à des données recueillies auprès d'un échantillon constant de répondants dans le cadre du Recensement des manufactures. Il est ainsi possible d'évaluer la façon dont les technologies sont utilisées au Canada et d'établir une comparaison entre les établissements utilisateurs et les non-utilisateurs pour ce qui touche la part de marché, la productivité, la part de l'emploi et les taux de rémunération. Voici un sommaire des résultats:

L'ampleur de l'utilisation des technologies dans le secteur manufacturier canadien

- L'utilisation des technologies est un phénomène courant au Canada, particulièrement dans les grandes entreprises -- 48 % des établissements manufacturiers utilisent une technologie de pointe, représentant 88 % des marchandises fabriquées.
- Les utilisateurs adoptent généralement plus d'une technologie. Seulement 5 % des expéditions sont produites par des utilisateurs de technologie unique, tandis que 82 % sont produites par des utilisateurs de multiples technologies, dont 56 % sont produites par des établissements utilisant cinq technologies ou plus.
- L'utilisation des technologies varie parmi les six étapes du processus de production -- conception et ingénierie, fabrication et assemblage, systèmes de manutention automatisée des matières, inspection et communications, systèmes de gestion de la fabrication et intégration, contrôle et commande.
- La révolution informatique s'est manifestée davantage dans le domaine de l'acquisition de connaissances et moins au sein du processus de fabrication, de coupe et d'assemblage. C'est le groupe inspection et communications qui a enregistré la plus grande utilisation des technologies. Quelque 79 % des expéditions proviennent d'établissements utilisant ces technologies. Le groupe fabrication et assemblage vient derrière, ne représentant que 47 % des expéditions.
- Même si l'utilisation de multiples technologies constitue la norme, il n'est pas courant de combiner des technologies de différentes étapes du processus de production. Généralement, les établissements combinent des technologies faisant partie d'une ou de deux étapes de production particulières par opposition à une combinaison regroupant un grand nombre d'étapes ou toutes.

Rendement des utilisateurs de technologies

- Les établissements qui intègrent des technologies de pointe à leur processus de fabrication s'accaparent une part de marché aux dépens des non-utilisateurs. La part de marché relative croît plus rapidement dans les établissements qui utilisent des technologies de fabrication et d'assemblage de même que chez celles qui sont capables de combiner et d'intégrer efficacement des technologies de différentes étapes du processus de production.
- Les utilisateurs de technologies jouissent d'un avantage considérable par rapport aux non-utilisateurs pour ce qui touche la productivité du travail, sauf les établissements qui utilisent des technologies de fabrication et d'assemblage. Cet avantage croît pour tous les établissements, sauf ceux qui utilisent des technologies de conception et d'ingénierie. La productivité du travail relative croît plus rapidement dans les établissements qui utilisent des technologies d'inspection et de communications et dans ceux qui sont capables de combiner et d'intégrer des technologies faisant partie de différentes étapes du processus de production.
- Les utilisateurs des technologies offrent un taux moyen de rémunération plus élevé que les non-utilisateurs en 1980, et cet écart s'est accru au cours des dix dernières années. L'écart concernant le taux de rémunération s'élargit le plus dans les établissements dont les technologies sont associées aux salaires relatifs initiaux les plus élevés. Ainsi, une iniquité salariale croissante est associée aux modes d'utilisation des technologies.

1. Introduction

L'avènement de l'informatique dans le secteur manufacturier a marqué le début d'une nouvelle révolution industrielle¹. Au coeur de ce phénomène se trouvent les progrès réalisés dans le domaine de la micro-électronique. Les ordinateurs sont en voie de transformer le paysage technologique et de modifier la façon de faire des établissements manufacturiers. L'informatique influe notamment sur les méthodes de conception et d'ingénierie des produits, le découpage et le formage des pièces, le processus d'assemblage, la planification et la gestion des besoins matières, ainsi que l'intégration de ces divers procédés. Les appareils commandés par ordinateur fabriquent des produits rapidement, sans que la qualité en souffre; ils permettent en outre d'offrir une vaste gamme de produits fabriqués en fonction de besoins précis. Grâce aux technologies informatiques, les fabricants sont en mesure de réagir rapidement aux changements qui marquent les attitudes et préférences des consommateurs.

La nouvelle révolution industrielle comporte non seulement la prolifération des ordinateurs autonomes, mais aussi leur intégration à d'autres produits et leur jumelage avec les services. Les puces et les ordinateurs sont de plus en plus présents dans les machines et les procédés industriels. Par le passé, les ordinateurs constituaient simplement des accessoires embarrassants qui étaient rattachés aux outils; maintenant, ils (et plus précisément leurs composants, dont les puces) sont en voie d'être intégrés aux machines. L'intégration découle aussi du fait que la technologie informatique est jumelée à un concept, vendue comme service et intégrée au processus de production. Ainsi, on utilise des ordinateurs dans le cadre du processus de planification des besoins matières; toutefois, le coût des ordinateurs qui font partie intégrante du procédé ne représente qu'une petite portion du coût total. L'apport au processus de fabrication -- planification des besoins matières -- tient compte à la fois du produit et du service, et le coût du service dépasse souvent de beaucoup le coût du produit manufacturé.

L'implantation des technologies informatiques s'est faite de façon progressive au cours des deux dernières décennies, à mesure que les organisations ont incorporé les nouvelles technologies dans divers aspects du processus de fabrication. Les entreprises ont appris lentement à utiliser les diverses technologies informatiques. Bien que les avantages soient manifestes, elles ont eu du mal à déterminer qu'elle était la meilleure façon d'en tirer parti, de sorte que les diverses technologies commerciales disponibles à l'heure actuelle ont été adoptées à un rythme lent et inégal.

D'autres transformations industrielles majeures ont aussi nécessité un certain temps. Ainsi, l'électrification de l'industrie s'est échelonnée sur trois ou quatre décennies. Les moteurs électriques ont d'abord été utilisés de façon autonome pour entraîner les machines, puis ils ont été ajoutés aux machines et, enfin, ils ont été incorporés directement dans celles-ci. C'est dans le cadre du recensement de 1901 que l'on a pour la première fois mesuré la puissance des moteurs électriques; toutefois, on a constaté cette année-là que seulement 7 % de la puissance totale provenait des moteurs électriques du secteur manufacturier. En 1911, ce chiffre est passé à 20 %, puis à 50 % en 1921 et à 74 % en 1930. À la fin des années trente, les responsables du recensement ont signalé que les statistiques sur la puissance électrique ne constituaient plus des indicateurs fiables de la force motrice, parce que les entreprises avaient de la difficulté à établir la

puissance électrique en raison de l'intégration poussée des moteurs électriques dans les machines. Il est clair, donc, que l'introduction de l'électricité -- depuis l'adoption initiale de la technologie jusqu'à son intégration dans les produits -- a nécessité près de quarante ans².

Les nouvelles révolutions industrielles se font lentement en raison du grand nombre de produits et de services complémentaires qui sont nécessaires pour que la technologie puisse être utilisée dans toute une gamme de branches d'activité. Il faut faire de nombreux essais avant de trouver la bonne combinaison. Les technologies déjà mises au point peuvent être incorporées au procédé de fabrication à partir de plans directeurs. Lorsque les connaissances peuvent être codifiées et transférées facilement, la diffusion s'effectue très rapidement. En revanche, l'introduction de nouvelles technologies au cours des premières phases d'une transformation industrielle s'apparente davantage à la construction d'un prototype. On utilise quand même des plans, mais le produit final s'écarte souvent des spécifications initiales. Les progrès réalisés au cours de la première phase de transformation industrielle nécessitent de la souplesse le moment venu d'adopter les innovations. La recherche s'effectue dans le cadre d'un processus d'apprentissage par expérimentation.

Pendant la période de transformation, les solutions qui mettent à contribution les nouvelles technologies sont incorporées progressivement au processus de production. Bien souvent, on ne peut savoir si les tentatives se solderont par des réussites ou si elles sont vouées à l'échec. C'est pourquoi il est parfois difficile d'imaginer l'allure que prendra la transformation industrielle.

Cette étude fait une telle évaluation pour un secteur industriel en particulier, soit celui de la fabrication. En raison de l'intérêt que ce secteur suscite depuis longtemps, des taxonomies ont été élaborées afin de mesurer l'utilisation des technologies informatiques de pointe. Des enquêtes portant sur l'utilisation des technologies ont été effectuées à l'aide de ces taxonomies. Nous sommes donc en mesure de décrire la tendance de la révolution technologique. En établissant un lien entre les résultats de ces enquêtes et les données longitudinales sur le rendement des répondants, nous pouvons aussi commencer à évaluer l'incidence de la technologie sur les secteurs industriels participants.

2. Classification des technologies manufacturières de pointe (TMP)

Les technologies informatiques ont pénétré tous les aspects du processus de production. La conception et l'ingénierie assistées par ordinateur sont utilisées au cours des premières étapes. Les machines à commande numérique (ou à commande numérique informatique) font partie du processus de coupe et d'assemblage. L'informatique facilite les processus de communication et d'inspection en fournissant des renseignements par l'intermédiaire de réseaux locaux ou d'ordinateurs industriels. Les ordinateurs sont aussi essentiels aux systèmes de planification des besoins matières. Non seulement ont-ils stimulé le développement des composants individuels du processus de production, mais ils sont aussi essentiels aux systèmes qui permettent de regrouper ces composants en un tout.

2.1 Groupes fonctionnels

L'Enquête sur les technologies de la fabrication, effectuée par Statistique Canada en mars 1989, fournit des renseignements sur l'utilisation de 22 technologies manufacturières de pointe. Dans le cadre de cette enquête, on a demandé à des établissements manufacturiers d'indiquer s'ils utilisaient, prévoyaient utiliser ou n'utilisaient pas 22 technologies de pointe distinctes³. Toutes ces nouvelles technologies découlent de l'application de l'informatique à divers aspects du processus de production.

Afin d'examiner comment l'utilisation des technologies manufacturières de pointe varie d'une étape à l'autre du processus de production, les 22 technologies étudiées sont classées dans six *groupes fonctionnels* (voir le tableau 1). Ces catégories fonctionnelles sont les suivantes: conception et ingénierie; fabrication et assemblage; systèmes de manutention automatisée des matières; inspection et communications; systèmes de gestion de la fabrication; intégration, contrôle et commande.

Le groupe **conception et ingénierie** comporte trois technologies. La conception (CAO) et l'ingénierie (IAO) assistée par ordinateur utilisent l'informatique pour concevoir et mettre à l'essai des pièces ou des produits. La fabrication assistée par ordinateur (FAO) utilise les résultats de la CAO pour la commande des machines servant à la fabrication de pièces ou de produits. La représentation numérique des résultats de la CAO est utilisée pour la commande des machines servant à la fabrication de pièces ou de produits.

Le groupe **fabrication et assemblage** comporte cinq technologies. Les systèmes de fabrication flexibles (SFF) sont des machines commandées par des ordinateurs ou des contrôleurs programmables qui possèdent des fonctions de manutention entièrement intégrées, capables de recevoir des matières premières et de livrer des produits finis. Les machines à commande numérique informatique (CNI) sont commandées par un ordinateur qui est intégré à elles. Les technologies au laser sont utilisées pour le soudage, le découpage, le traçage et le marquage. Les robots de mise en place déplacent les articles d'un point à un autre. D'autres robots sont utilisés pour accomplir des tâches répétitives telles que la coupe, le soudage, le perçage ou la peinture, au moyen de mouvements programmés précis.

Les **systèmes de manutention automatisée des matières** comprennent les systèmes de stockage et d'extraction automatique (SSEA) et les systèmes de véhicules à guidage automatique (SVGA). Les SSEA font appel à des appareils commandés par ordinateur pour assurer la manutention et le stockage des pièces, des matières, des produits en cours de fabrication et des produits finis. Les SVGA sont des véhicules dotés de dispositifs de guidage automatique commandés par ordinateur, qui sont capables de transporter des pièces, des matières, des produits en cours de fabrication et des produits finis, d'un point à un autre de l'usine.

Le groupe **inspection et communications** comporte deux technologies d'inspection et cinq de communications. Les technologies d'inspection consistent en du matériel automatisé doté de capteurs, qui est capable de contrôler aussi bien les matières qui arrivent que les produits qui

sortent afin de s'assurer qu'ils sont conformes aux spécifications. Les technologies de communications comprennent les réseaux locaux, qui permettent d'échanger des données techniques entre différents points du processus de production, les grands réseaux et les réseaux informatiques inter-entreprises, qui permettent de relier les usines aux sous-traitants, aux fournisseurs et (ou) aux clients, et les contrôleurs programmables, qui sont des dispositifs industriels à semi-conducteurs qui possèdent une mémoire programmable capable de remplir des fonctions des commutation.

Tableau 1
Technologies manufacturières de pointe par groupe fonctionnel

Groupe fonctionnel	Technologie
Conception et ingénierie	Conception et ingénierie assistées par ordinateur (CAO/IAO)
	Résultats CAO pour la commande des machines de fabrication (CAO/FAO)
	Représentation numérique des résultats CAO
Fabrication et assemblage	Cellules/systèmes de fabrication flexibles (CFF/SFF)
	Machines à commande numérique (CN) et à commande numérique informatique (CNI)
	Technologie au laser
	Robots de mise en place
	Autres robots
Systèmes de manutention automatisée des matières	Systèmes de stockage et d'extraction automatique (SSEA)
	Systèmes de véhicules à guidage automatique (SVGA)
Inspection et communications	Matériel d'inspection automatique - Intrants
	Matériel d'inspection automatique - Produits ultimes
	Réseaux locaux pour les données techniques
	Réseaux locaux industriels
	Réseau informatique interentreprises (RIIE)
	Contrôleurs programmables
	Ordinateurs servant à la régulation industrielle
Systèmes de gestion de la fabrication	Planification des besoins matières (PBM)
	Planification des ressources en fabrication (PBM II)
Intégration, contrôle et commande	Fabrication intégrée par ordinateur (FIO)
	Contrôle et acquisition des données de production (CADP)
	Intelligence artificielle et systèmes experts (IA/SE)

Les **dispositifs de régulation automatique** forment un sous-groupe du bloc de technologies mentionné précédemment. Celui-ci se compose des deux technologies industrielles tirées du groupe inspection et communications -- les contrôleurs programmables et les ordinateurs autonomes qui sont utilisés pour la conduite du procédé.

Les **systèmes de gestion de la fabrication** englobent la planification des besoins matières (PBM) et la planification des ressources en fabrication (PBM II). Dans le cas de la PBM, on utilise l'ordinateur pour assurer un suivi des commandes, des stocks et des produits finis. Pour la PBM II, l'ordinateur sert à gérer la charge et l'utilisation des machines, ainsi qu'à contrôler les stocks et à assurer la manutention des matières.

Le dernier groupe, soit **intégration, contrôle et commande**, se compose de technologies perfectionnées qui sont conçues pour intégrer les diverses étapes de la production au moyen de l'informatique. Sont inclus dans ce groupe: la fabrication intégrée par ordinateur (FIO), qui correspond à l'automatisation totale d'une usine où tous les procédés sont intégrés et commandés par un ordinateur central; le contrôle et l'acquisition de données de production (CADP), ce qui comprend le contrôle et la commande «en temps réel» des procédés de fabrication; et l'intelligence artificielle, qui correspond à la capacité d'une machine à faire des inférences à partir d'expériences et à accomplir des tâches normalement réservées à l'intelligence humaine.

2.2 Combinaisons de groupes fonctionnels

Outre la pénétration des différentes technologies incluses dans les catégories fonctionnelles, nous examinerons aussi comment les établissements combinent les technologies provenant de groupes différents. Pour les besoins de cette étude, trois *combinaisons de groupes fonctionnels* seront utilisées afin d'examiner la nature complémentaire des technologies provenant de groupes fonctionnels différents.

La première combinaison regroupe les technologies utilisées pour la conception et l'ingénierie, la fabrication et l'assemblage, l'inspection et les communications, les systèmes de gestion de la fabrication, ainsi que l'intégration, le contrôle et la commande, soit tous les groupes fonctionnels sauf celui des technologies de manutention automatisée des matières. Ce mélange de groupes fonctionnels correspond à une *utilisation généralisée de la technologie dans une usine entièrement intégrée*. La manutention automatisée des matières a été exclue parce que cette catégorie affiche de loin le plus faible taux d'adoption parmi les six groupes fonctionnels (20,9 %), ce qui laisse croire qu'elle nécessite des technologies hautement spécialisées qui ne s'appliquent pas à la majeure partie des procédés de production, ou ne sont pas compatibles avec ceux-ci, et qu'elle ne devrait pas être incluse dans la mesure de l'utilisation généralisée de la technologie.

La deuxième combinaison ressemble à la première, sauf que le groupe intégration, contrôle et commande a été enlevé. Cette combinaison représente une *utilisation généralisée de la technologie dans une usine qui n'est pas entièrement intégrée*.

La troisième combinaison représente l'utilisation de *technologies axées sur le processus de production, à l'intérieur d'une usine entièrement intégrée*. Sont inclus : les technologies faisant partie du groupe fabrication et assemblage, le dispositif de régulation automatique (sous-groupe du groupe inspection et communications qui comprend les contrôleurs programmables et les ordinateurs industriels de régulation) et le groupe intégration, contrôle et commande.

2.3 Groupes de technologies

Les six groupes *fonctionnels* et les trois *combinaisons* forment ainsi neuf groupes de *technologies* qui peuvent être étudiés. Lorsque les expressions «groupe fonctionnel» ou «combinaison» sont utilisées de façon explicite, seuls ces sous-ensembles particuliers des groupes de technologies sont alors visés.

3. Ampleur de l'utilisation des technologies au Canada

Le profil d'utilisation de la technologie peut être qualifié *d'étendu, d'intensif ou de généralisé*. L'utilisation *étendue* correspond à l'usage que font les établissements de plus d'une technologie de pointe, quel que soit le groupe fonctionnel auquel ces technologies appartiennent. L'utilisation *intensive* représente le degré d'adoption de la technologie dans les groupes fonctionnels -- conception et ingénierie, fabrication et assemblage, inspection et communications, systèmes de manutention automatisée des matières, systèmes de gestion de la fabrication et intégration, contrôle et commande -- ou relativement à une technologie donnée. Enfin, l'utilisation *généralisée* de la technologie se mesure par l'usage d'au moins une technologie de *chacun* des groupes fonctionnels dans les trois combinaisons.

Deux stratégies de pondération différentes (par la valeur des expéditions et par le nombre d'établissements) sont utilisées dans cette étude. La pondération en fonction de la valeur des expéditions permet d'établir un lien entre l'utilisation de la technologie et l'apport économique des établissements, donnant ainsi plus d'importance aux établissements de plus grande taille. La pondération en fonction du nombre d'établissements ne permet pas de faire une distinction entre les établissements de poids économique différent; elle indique seulement l'ampleur de la pénétration des technologies dans les usines manufacturières au Canada. Dans le texte qui suit, on privilégie les taux d'adoption pondérés en fonction de la valeur des expéditions.

3.1 Utilisation des technologies manufacturières de pointe (utilisation étendue)

Les technologies de pointe sont fort répandues dans le secteur manufacturier canadien. Près de la moitié (48 %) des établissements de ce secteur utilisent au moins une technologie manufacturière de pointe. Toutefois, lorsqu'on tient compte du poids économique des utilisateurs, il apparaît que la nouvelle révolution industrielle influe, d'une certaine façon, sur la majeure partie

de la production du secteur manufacturier. Quelque 88 % des expéditions proviennent d'établissements qui utilisent au moins une technologie manufacturière de pointe (tableau 2). En outre, l'utilisation de multiples technologies semble constituer la norme. Seulement 5 % des expéditions proviennent d'établissements utilisant une seule technologie, comparativement à 56 % pour les établissements qui en utilisent au moins cinq.

Tableau 2
Taux d'adoption selon le nombre de technologies, 1989

Nombre de technologies	Taux d'adoption (pourcentage d'établissements)	Taux d'adoption (pourcentage des expéditions)
0	52	12
1	12	5
2 à 4	22	26
5 à 9	11	33
10 ou plus	3	23
Au moins 1	48	88

3.2 Utilisation de la technologie dans les groupes fonctionnels (utilisation intensive)

Bien que les technologies manufacturières de pointe influent désormais sur la production de la plupart des produits, leur utilisation varie beaucoup d'un groupe fonctionnel à l'autre. L'ampleur de l'utilisation des technologies au sein des groupes fonctionnels est résumée au tableau 3 (lignes 1 à 7). Le taux d'adoption d'un groupe fonctionnel, pondéré en fonction du nombre d'établissements, correspond au pourcentage d'établissements qui utilisent au moins une technologie faisant partie du groupe en question. Le taux d'adoption pondéré en fonction de la valeur des expéditions permet d'évaluer le pourcentage d'expéditions produites par les utilisateurs de technologies et donne une idée de la part de marché relative des établissements qui emploient au moins une technologie incluse dans un groupe fonctionnel donné. Les non-utilisateurs sont les établissements qui n'utilisent *aucune* technologie faisant partie du groupe fonctionnel en question, mais qui peuvent faire usage de technologies comprises dans d'autres groupes.

Le groupe fonctionnel affichant le taux d'adoption pondéré selon la valeur des expéditions le plus élevé est le groupe 4 -- inspection et communications. Quelque 79,0 % des expéditions effectuées en 1989 proviennent d'établissements qui utilisent des technologies appartenant au groupe inspection et communications. Le taux d'adoption élevé de ce groupe de technologies est

principalement attribuable à l'utilisation de dispositifs de régulation automatique (contrôleurs programmables et ordinateurs autonomes pour la commande du procédé), qui forment un sous-groupe de la catégorie inspection et communications (groupe 4A dans le tableau 3) dont le taux d'adoption pondéré selon la valeur des expéditions atteint 67,1 %.

Tableau 3
Taux d'adoption selon le groupe de technologies, 1989

Groupe de technologies	Numéro du groupe	Taux d'adoption (pourcentage d'établissements)	Taux d'adoption (pourcentage d'expéditions)
Conception et ingénierie	1	19,2	52,1
Fabrication et assemblage	2	21,0	46,7
Systèmes de manutention automatisés	3	6,0	18,4
Inspection et communications	4	32,9	79,0
Dispositifs de régulation automatique	4A	20,9	67,1
Systèmes de gestion de la fabrication	5	18,4	51,2
Intégration, contrôle et commande	6	9,4	39,8
Combinaison 1	C1	1,5	14,9
Combinaison 2	C2	4,4	22,8
Combinaison 3	C3	2,8	23,3

Le groupe inspection et communications est suivi des groupes conception et ingénierie (52,1 %), systèmes de gestion de la fabrication (51,2 %), fabrication et assemblage (46,7 %), intégration, contrôle et commande (39,8 %) et systèmes de manutention automatisée des matières (18,4 %). Bien que la révolution informatique soit souvent décrite en fonction de son incidence sur le processus de fabrication et d'assemblage, son influence s'est surtout faite sentir, jusqu'à maintenant, dans le domaine de l'inspection et des communications. Les ordinateurs fournissent la connaissance; l'application de cette connaissance au processus de fabrication et d'assemblage nécessite un peu plus de temps. Le regroupement des divers processus au moyen des technologies d'intégration, de contrôle et de commande est un phénomène encore moins répandu.

3.3 Utilisation de technologies incluses dans les différents groupes fonctionnels (utilisation généralisée)

L'utilisation étendue de la technologie ne se traduit pas par une utilisation généralisée -- les taux d'adoption établis pour les combinaisons de groupes fonctionnels sont faibles (lignes 8, 9 et 10 du tableau 3). Pour la combinaison 1 (utilisation généralisée de la technologie dans une usine entièrement intégrée), le taux d'adoption pondéré selon la valeur des expéditions se chiffre à 14,9 %. La combinaison 2 (utilisation généralisée dans une usine sans intégration) affiche un taux d'adoption à peine plus élevé, soit 22,8 %. La combinaison 3 (utilisation axée sur la production, à l'intérieur d'une usine entièrement intégrée) présente le taux d'adoption le plus élevé des trois, bien qu'il ne représente toujours que 23,3 % des expéditions. Quoique l'utilisation de multiples technologies constitue la norme, la combinaison de technologies incluses dans les différents groupes fonctionnels n'est pas un phénomène répandu. En règle générale, les établissements adoptent des technologies comprises dans un ou deux groupes fonctionnels.

3.4 Profil d'utilisation au sein des catégories fonctionnelles

Étant donné que les technologies incluses dans des groupes fonctionnels différents ne sont généralement pas combinées, mais que l'utilisation de multiples technologies constitue la norme, il arrive souvent que des technologies faisant partie du même groupe fonctionnel soient combinées. On examinera ici si les taux d'adoption sont relativement uniformes entre les différentes technologies comprises dans un même groupe fonctionnel.

Le tableau 4 présente les taux d'adoption des diverses technologies. Seul le groupe fonctionnel conception et ingénierie est dominé par une technologie unique -- la CAO/IAO présente un taux d'adoption de 49 %, un taux au moins deux fois et demi plus élevé que celui obtenu pour les deux autres technologies incluses dans ce groupe. Dans tous les autres groupes fonctionnels, les taux d'adoption sont répartis de façon plus uniforme. Le groupe inspection et communications constitue certainement le meilleur exemple puisque cinq des sept technologies de ce groupe affichent des taux d'adoption variant entre 31 et 41 %.

3.5 Résumé

En résumé, l'informatique a changé plusieurs aspects du processus de fabrication. Puissance de traitement peu coûteuse, grande capacité de mémorisation et fonctions efficaces de réseautage sont autant de caractéristiques qui ont permis aux grands aussi bien qu'aux petits établissements de prendre part à la révolution technologique. Le groupe fonctionnel inspection et communications est le plus touché par ces changements puisqu'il comprend six des dix technologies les plus utilisées. La réussite globale de ce groupe découle davantage du taux d'adoption relativement élevé de chacune de ses technologies que de la prédominance d'une technologie en particulier (voir le tableau 4).

Par contre, l'utilisation de technologies de pointe perfectionnées dans les processus de fabrication et d'assemblage a progressé moins rapidement. En outre, peu d'établissements combinent plusieurs technologies faisant partie de groupes fonctionnels différents. C'est en partie à cause de ce manque d'envergure que peu d'établissements utilisent des technologies d'intégration. La révolution informatique a donc eu lieu surtout dans le domaine de l'acquisition des connaissances. Les ordinateurs ont été affectés à l'acquisition, à l'assimilation et à la dissémination de l'information. Ils ne sont pas encore capables d'assumer la fabrication, la coupe et l'assemblage automatisés à la même échelle.

Tableau 4
Taux d'adoption des diverses techniques

Groupe fonctionnel	Technologie	Taux d'adoption (Pourcentage d'établissements)	Taux d'adoption (Pourcentage d'expéditions)
1	CAO/IAO	16,9	49,0
	CAO/FAO	6,7	20,1
	Représentation numérique des résultats CAO	4,0	12,7
2	Cellules/systèmes de fabrication flexible	7,2	20,6
	Machines à commande numérique	14,1	29,6
	Technologie au laser	2,0	9,3
	Robots de mise en place	3,4	14,9
	Autres robots	2,9	15,6
3	Systèmes de stockage et d'extraction automatique	4,3	14,7
	Systèmes de véhicules à guidage automatique	2,4	9,2
4	Matériel d'inspection auto-matique - Intrants	8,9	30,7
	Matériel d'inspection auto-matique - Produits ultimes	8,4	34,9
	Réseaux locaux pour les données techniques	11,6	40,8
	Réseaux locaux industriels	9,3	36,7
	Réseau informatique inter-entreprises	10,4	35,4
	Contrôleurs programmables	17,8	63,6
	Ordinateurs servant à la régulation industrielle	11,7	49,9
5	Planification des besoins matières	17,5	48,6
	Planification des ressources en fabrication	10,2	33,0
6	Fabrication intégrée par ordinateur	4,4	21,1
	Contrôle et acquisition des données de production	6,5	33,9
	Intelligence artificielle et systèmes experts	1,6	6,5

4. Indicateurs de rendement

Bien que les données de l'Enquête sur les technologies de la fabrication puissent nous indiquer dans quels domaines les technologies manufacturières de pointe se sont le plus implantées, elles ne permettent pas à elles seules de décrire l'incidence de ces technologies sur les établissements utilisateurs. Il faut donc retracer les établissements qui adoptent des technologies et les comparer à ceux qui n'en ont pas.

Afin de suivre la progression des utilisateurs de la technologie, on a couplé les données de l'enquête de 1989 et les données longitudinales qui ont été recueillies à partir de 1980 auprès d'un échantillon constant de répondants dans le cadre du Recensement des manufactures⁴. Cet échantillon, formé de quelque 4 200 usines, constitue un groupe d'étude aux fins de l'analyse. Le groupe d'étude représente 10 % environ de la population, mais 50 % du nombre total d'expéditions comprises dans l'univers, de sorte qu'il représente principalement des grandes usines.

Le fait de traiter l'échantillon comme un groupe d'étude signifie que nous nous intéressons seulement aux expériences de ce vaste groupe -- groupe qui couvre l'ensemble de la population des grandes usines. Nous ne cherchons pas ici à extrapoler l'expérience de ce groupe à la population globale puisqu'il faudrait inclure encore quelque 30 000 usines supplémentaires, principalement de petite taille, affichant des taux différents d'utilisation de la technologie. Dans la dernière section, toutefois, nous effectuons cet exercice et donnons des estimations de la population.

Le groupe d'étude a été séparé en deux catégories, soit les utilisateurs et les non-utilisateurs de la technologie, d'après les réponses fournies à l'enquête de 1989. Les parts de marché⁵ et de l'emploi que détiennent les utilisateurs et les non-utilisateurs inclus dans l'échantillon ont été calculées pour chacune des années depuis 1980. On a en outre calculé le revenu des travailleurs affectés à la production de même que la productivité par travailleur pour chacun des deux groupes.

L'évolution de la part de marché indique à quel point l'utilisation de la technologie a augmenté, que ce soit parce que les utilisateurs progressent plus rapidement que les non-utilisateurs ou parce qu'un plus grand nombre d'établissements deviennent des utilisateurs. L'évolution de la productivité du travail relative, de la part de l'emploi et du taux de rémunération relatif témoigne de l'incidence des technologies manufacturières de pointe sur les facteurs de production. Les changements en matière de productivité du travail relative peuvent découler du rehaussement des exigences professionnelles associées à la nouvelle technologie ou de l'augmentation de l'apport capitaux-main-d'oeuvre engendrée par l'adoption de la nouvelle technologie. Les changements dans la part de l'emploi sont le résultat net de la progression de la part de marché et de la productivité du travail. L'évolution de la rémunération relative peut être associée à une évolution de la demande en main d'oeuvre qualifiée, à une hausse de la productivité ou à un accroissement de la complexité des produits ou des processus de production.

Pour les besoins de cet exercice, on entend par «utilisation de la technologie» l'adoption

d'au moins une technologie faisant partie d'un groupe de technologies -- conception et ingénierie, fabrication et assemblage, systèmes de manutention automatisés, inspection et communications, systèmes de gestion de la fabrication et intégration, contrôle et commande -- ou une des combinaisons définies précédemment. Nous nous intéressons aux différences qui existent dans les profils de l'évolution de la part de marché relative, du taux de rémunération, de la part de l'emploi et de la productivité du travail pour des technologies distinctes. Cette technique ne permet pas de vérifier l'utilisation de la technologie d'une catégorie à l'autre, sauf dans le cas des combinaisons définies précédemment. Par exemple, nous voulons savoir si les établissements qui utilisent des technologies de conception et d'ingénierie réussissent mieux dans l'ensemble, et non si les résultats sont meilleurs lorsque ces technologies sont combinées à une technologie de communications donnée.

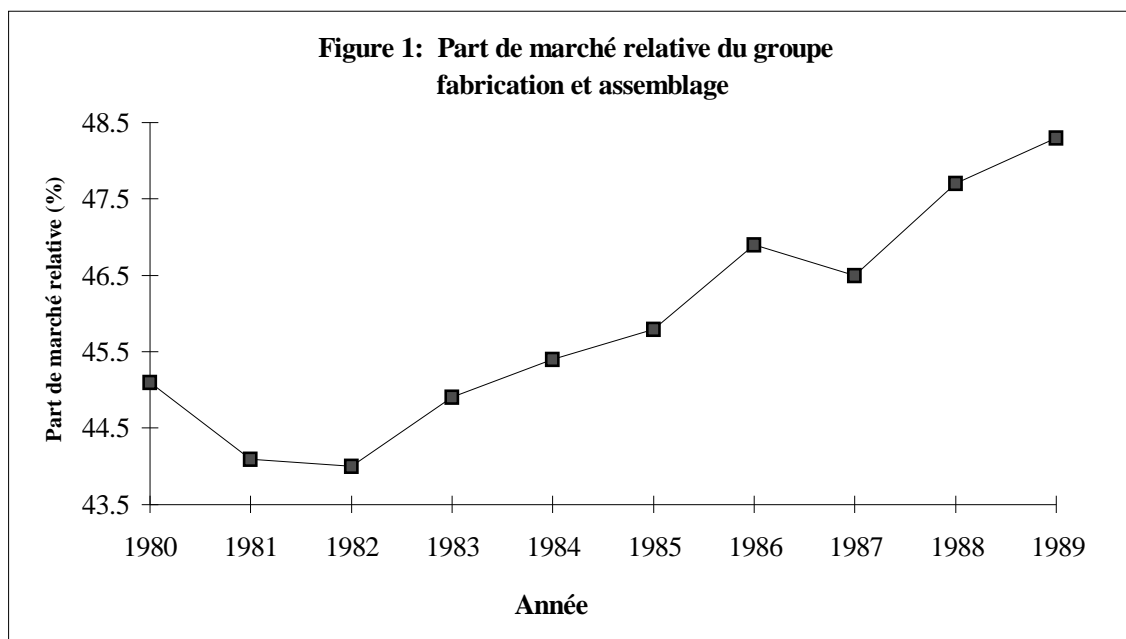
4.1 Croissance de la part de marché

L'analyse de la part de marché se déroule en deux étapes. En premier lieu, la part de marché des utilisateurs et des non-utilisateurs est calculée pour le secteur de la fabrication dans son ensemble. Ici, la croissance de la part de marché découle de deux faits: les utilisateurs réussissent mieux que les non-utilisateurs dans un secteur donné et les secteurs prennent de l'envergure par rapport aux autres par suite d'une utilisation accrue de la technologie. On détermine ensuite si le même phénomène se produit lorsque les parts de marché sont calculées à un niveau plus détaillé de la classification des industries. Les mesures de la productivité du travail relative, de la part de l'emploi et du taux de rémunération seront traitées de la même façon.

Étant donné que les renseignements sur l'utilisation de la technologie sont tirés uniquement de l'enquête de 1989, il y aura quelques erreurs de classement, pour les premières années, qui nuiront à la fiabilité de notre analyse en ce qui a trait à la croissance de l'utilisation de la technologie. Les établissements qui n'utilisaient pas de technologie en 1989 étaient probablement des non-utilisateurs dans les années précédentes, mais ceux qui étaient des utilisateurs de technologie de pointe en 1989 n'en étaient pas nécessairement au début de la décennie. Ainsi, la part de marché globale des utilisateurs de technologie est biaisée vers le haut pour les premières années parce que les établissements qui utilisaient la technologie en 1989, et qui ne l'utilisaient peut-être pas en 1980, ont été considérés comme des utilisateurs pour toute la période. Ce biais diminue progressivement avec le temps et disparaît en 1989. En conséquence, la croissance de la part de marché globale des utilisateurs de la technologie est biaisée vers le bas.

Pour les groupes de technologies dont un nombre suffisant d'utilisateurs n'étaient pas des utilisateurs en 1980 et dont la non-utilisation entraîne une perte importante de la part de marché, celle de notre groupe d'«utilisateurs de technologies» diminue avant d'augmenter. Les courbes des parts de marché pour ces groupes de technologies auront une forme sinusoïdale: la pente sera négative au début, traduisant ainsi l'inclusion d'un nombre décroissant de non-utilisateurs, puis elle deviendra positive au fur et à mesure que les non-utilisateurs deviendront des utilisateurs et, enfin, elle affichera une diminution de la croissance au fur et à mesure que les taux d'adoption approchent du sommet. La figure 1 présente le profil de croissance de la part de marché pour le

groupe fabrication et assemblage. Le groupe conception et ingénierie ainsi que les trois combinaisons sont aussi caractérisés par des courbes similaires, chacune de celles-ci atteignant son point le plus bas en 1982. Le taux de croissance de la part de marché sera donc calculé en se servant de 1982 comme année de référence. Mais, même de cette façon, le taux risque d'être biaisé vers le bas.



4.1.1 Croissance de la part de marché selon le groupe de technologies, à l'échelle nationale

Les utilisateurs de technologie ont connu, dans tous les groupes fonctionnels, une augmentation de leur part de marché au dépens des non-utilisateurs (tableau 5). Les établissements qui utilisent des technologies manufacturières de pointe supplantent les non-utilisateurs. Le taux de croissance de la part de marché⁶ des utilisateurs varie d'un groupe fonctionnel à l'autre, mais est partout positif (tableau 5 et figure 2). Il est le plus élevé pour les utilisateurs de technologies de fabrication et d'assemblage (10,0 %). Aucun autre groupe fonctionnel n'affiche un taux de croissance qui atteint ne serait-ce que la moitié de celui-ci. Le groupe fabrication et assemblage est suivi du groupe systèmes de gestion de la fabrication (3,2 %). Viennent ensuite les groupes inspection et communications (2,9 %), conception et ingénierie (2,2 %), systèmes de manutention automatisée des matières (2,0 %) et intégration, contrôle et commande (0,2 %)⁷.

Les trois combinaisons de groupes fonctionnels affichent, quant à elles, des taux de croissance de la part de marché plus élevés que celui de tout autre groupe fonctionnel. La

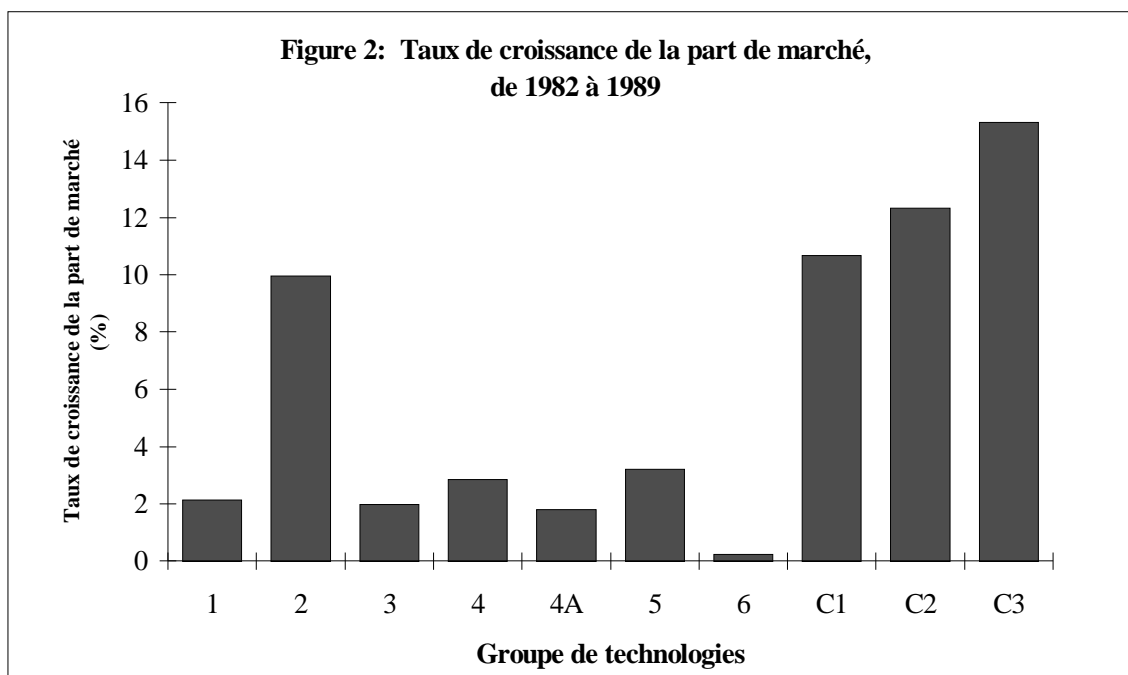
combinaison 1 (utilisation généralisée de la technologie avec intégration) a progressé à un rythme de 10,7 % au cours de la période de dix ans. Pour sa part, la combinaison 2 (utilisation généralisée sans intégration) affiche un taux légèrement plus élevé de 12,3 %. Le taux de croissance le plus élevé (15,3 %) appartient à la combinaison 3, qui regroupe des technologies industrielles intégrées (fabrication et assemblage, dispositifs de régulation automatique et intégration, contrôle et commande).

Tableau 5
Part de marché relative des utilisateurs de technologies (pondérée selon la valeur des expéditions)

Groupe de technologies	Numéro du groupe	Part de marché relative en 1982 (%)	Part de marché relative en 1989 (%)	Taux de croissance de la part de marché (%)
Conception et ingénierie	1	55,0	56,2	2,2
Fabrication et assemblage	2	44,0	48,3	10,0
Systèmes de manutention automatisée des matières	3	20,1	20,5	2,0
Inspection et communications	4	79,2	81,4	2,9
Dispositifs de régulation automatique	4A	69,7	70,9	1,8
Systèmes de gestion de la fabrication	5	51,8	53,5	3,2
Intégration, contrôle et commande	6	45,8	45,9	0,2
Combinaison 1	C1	16,9	18,7	10,7
Combinaison 2	C2	23,3	26,1	12,3
Combinaison 3	C3	23,9	27,6	15,3

La croissance la plus marquée de la part de marché découle de l'intégration massive de technologies provenant de plusieurs groupes fonctionnels. Le groupe fonctionnel fabrication et assemblage (groupe 2) affiche peut-être le taux de croissance le plus élevé de tous les groupes (10,0 %), mais son utilisation en combinaison avec des technologies faisant partie de certains autres groupes permet d'atteindre un taux de croissance supérieur à celui qu'on obtient avec des technologies provenant uniquement du groupe fabrication et assemblage. Lorsque les technologies de ce dernier groupe sont combinées à des dispositifs de régulation automatique et à des technologies d'intégration (combinaison 3), les utilisateurs enregistrent le taux de croissance le plus élevé (15,3 %). Par conséquent, les technologies qui complètent le mieux le groupe fabrication et assemblage proviennent de groupes de technologies connexes, mais spécifiques. Toutefois, l'utilisation *généralisée* qui englobe les technologies de fabrication et d'assemblage, avec intégration (combinaison 1) ou sans intégration (combinaison 2), permet aussi une croissance accrue de la part de marché par rapport à l'utilisation des technologies de fabrication et

d'assemblage seules. Ainsi, les établissements qui ont été en mesure de combiner efficacement des technologies provenant de groupes fonctionnels différents ont enregistré la croissance la plus rapide de leur part de marché.



(nota: *La médiane du taux de croissance est de beaucoup supérieure à zéro pour chaque groupe de technologie*)

Bien que le taux de croissance de la part de marché permette de comprendre la rapidité avec laquelle la part de marché a évolué au sein d'un groupe de technologies, il peut être trompeur de s'en servir pour comparer les taux de croissance des groupes fonctionnels entre eux si les taux d'adoption par rapport à l'année de référence diffèrent. Une bonne méthode de comparaison des groupes de technologies entre eux consiste à examiner la variation en nombre de points de pourcentage de la part de marché (la différence entre la part de marché relative de 1982 et celle de 1989).

Même en utilisant cette méthode, le groupe fabrication et assemblage affiche encore la plus forte augmentation de la part de marché de tous les groupes fonctionnels (4,4 points de pourcentage), mais surpasse, cette fois, toutes les combinaisons. La combinaison 3 se situe au deuxième rang (3,7 points de pourcentage) et elle est suivie de la combinaison 2 (2,9 points de pourcentage). L'importance relative du groupe inspection et communications augmente, portant celui-ci au quatrième rang, avec une augmentation de 2,3 points de pourcentage de sa part de marché relative. Ce groupe dépasse ainsi la combinaison 1, qui affiche une hausse de 1,8 point de pourcentage. Les autres groupes -- soit systèmes de gestion de la fabrication (1,7 point), conception et ingénierie (1,2 point), systèmes de manutention automatisée des matières (0,4 point) et intégration, contrôle et commande (0,1 point) -- enregistrent encore la croissance la plus lente.

4.1.2 Croissance de la part de marché selon le groupe de technologies, au niveau de l'industrie

Le fait que la part de marché des utilisateurs de la technologie ait augmenté peut découler de changements dans la structure des industries. Il est possible que le nombre d'industries qui ne sont pas sensibles aux TMP ait diminué au cours des années 80. Afin de vérifier dans quelle mesure ce fut le cas, les parts de marché des utilisateurs et des non-utilisateurs sont calculées au niveau des industries visées par un code à deux chiffres. On peut ainsi vérifier si une augmentation de la part de marché des utilisateurs de la technologie constitue la norme parmi les industries. On vérifie également s'il y a des cas où les technologies de pointe n'ont eu qu'une faible incidence, c'est-à-dire, à savoir si quelques-unes des technologies de pointe ont entraîné une hausse de la part de marché dans une industrie donnée.

À cette fin, il faut analyser les taux de croissance de la part de marché de deux points de vue (tableau 6). En premier lieu, on compare les taux de croissance de la part de marché des industries à l'intérieur des groupes de technologies des différentes industries afin de déterminer si la réussite est généralisée ou si elle est limitée à un petit nombre d'industries. En deuxième lieu, les données relatives aux taux de croissance de la part de marché selon l'industrie, pour différents groupes de technologies, sont étudiées afin de déterminer si, dans certaines industries, des avantages concurrentiels sont conférés aux établissements pour la majorité des types de technologies de pointe visés.

Au moins 10 industries sur 15 connaissent une croissance de leur part de marché dans chacun des groupes fonctionnels. Les établissements qui utilisent des technologies de fabrication et d'assemblage ont vu leur part de marché s'accroître dans 12 des 15 catégories d'industries. Les groupes intégration, contrôle et commande, systèmes de gestion de la fabrication et inspection et communications suivent de près avec 11 chacun. Les groupes conception et ingénierie et systèmes de manutention automatisée des matières ont enregistré une augmentation de leur part de marché dans dix industries au dépens des établissements non-utilisateurs. Ainsi, la croissance de la part de marché qui est associée à l'utilisation de technologies faisant partie d'un groupe fonctionnel est prévalante dans la plupart des industries.

La croissance de la part de marché est moins prévalante pour les combinaisons, au niveau de l'industrie, particulièrement lorsque les technologies sont intégrées. Quelque 11 industries sont caractérisées par une augmentation de la part de marché dans les établissements qui font une utilisation généralisée de la technologie dans une usine qui n'est pas entièrement intégrée (combinaison 2). La proportion chute à 10 industries pour les établissements qui utilisent des technologies axées sur le processus de production, à l'intérieur d'une usine entièrement intégrée (combinaison 3). Le nombre d'industries qui connaissent une augmentation de la part de marché grâce à une utilisation généralisée de la technologie dans une usine entièrement intégrée (combinaison 1) est de huit seulement. Tandis que les données nationales montrent que la part de marché relative connaît la croissance la plus rapide dans les établissements capables de surmonter les obstacles associés à la combinaison de technologies entre différents groupes fonctionnels, ces combinaisons sont rarement avantageuses.

Tableau 6
Signe affectant la variation de la part de marché en points de pourcentage, selon l'industrie, pour les groupes de technologies (pondéré selon la valeur des expéditions)

Industrie	Groupes de technologies									
	1	2	3	4	4A	5	6	C1	C2	C3
Aliments, boissons et tabac	+	-	-	+	+	+	++	+	+	+
Caoutchouc et matières plastiques	-	+	--	-	-	-	-	-	-	+
Cuir, textile et vêtement	++	++	+	+	+	+	+	+	++	+
Bois	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+
Meuble et articles d'ameublement	+	++	+	++	++	++	+	+	++	+
Papier et produits connexes	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Imprimerie et édition	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-
Première transformation des métaux	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fabrication de produits métalliques	--	--	+	-	-	+	+	+	+	-
Machinerie	++	++	+	++	++	++	++	++	++	+
Matériel de transport	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Produits électriques et électroniques	+	+	++	+	+	+	+	-	-	+
Produits minéraux non métalliques	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-
Produits chimiques et pétroliers	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-
Autres industries manufacturières	++	++	+	++	++	++	+	+	++	+
Échelle nationale	1,2	4,4	0,4	2,3	1,3	1,7	0,1	1,8	2,9	3,7

++ Variation en points de pourcentage $\geq 5,0$

-- Variation en points de pourcentage $\leq -5,0$

+ 0 < variation en points de pourcentage < 5,0

- -5,0 < variation en points de pourcentage < 0

Dans certaines industries, quelques technologies sont associées à une croissance de la part de marché. Pour d'autres, les gains associés à l'utilisation de la technologie sont réalisés avec la plupart des technologies abordées ici. Les établissements qui utilisent la technologie dans les industries du cuivre, textile, du vêtement, du meuble, du métal de première fusion, des machines

et de fabrication de diverses marchandises connaissent généralement une croissance de la part de marché. Ce n'est pas le cas, cependant, pour l'industrie du caoutchouc et des matières plastiques et celle de l'équipement de transport.

4.2 Productivité du travail relative

L'évolution de la part de marché découle des avantages inhérents à l'utilisation de la technologie -- à savoir la mise au point de nouveaux produits améliorés, moins coûteux ou plus fiables. Cette réussite s'accompagne, ou découle, aussi de changements du côté des facteurs de production. Nous allons maintenant examiner les changements dans la productivité du travail relative, la part de l'emploi et le taux de rémunération relative des utilisateurs de la technologie.

L'augmentation de la productivité du travail enregistrée dans les établissements qui utilisent des technologies de pointe peut découler du besoin d'avoir des travailleurs plus spécialisés pour assurer le fonctionnement et (ou) l'entretien de la nouvelle technologie, ou d'une augmentation du rapport capital-main-d'oeuvre. Ces résultats découlent directement de l'utilisation de la technologie. Un accroissement de la productivité du travail peut aussi découler de changements organisationnels, d'un accent mis sur la gestion de la qualité totale et de l'instauration d'«équipes de travail» -- autant de pratiques qui ont récemment été mises de l'avant en vue de comprimer les coûts et d'améliorer la productivité. Ces derniers changements sont indirectement associés à l'utilisation de technologies de pointe. Généralement, les changements dans la productivité du travail associés à l'utilisation d'une nouvelle technologie surviennent parce que les établissements de calibre supérieur prennent les bonnes décisions dans plusieurs domaines différents en même temps (Baldwin et Johnson, 1994a).

4.2.1 Croissance de la productivité relative selon le groupe de technologies, à l'échelle nationale

Afin d'étudier les changements dans la productivité du travail relative, on a établi un ratio extrant-travailleur de la production, à la fois pour les utilisateurs et les non-utilisateurs, pour la période allant de 1980 à 1989⁸. L'utilisation de la technologie est fondée sur les mêmes catégories que celles retenues pour l'analyse de la part de marché. Étant donné que l'étude de l'utilisation de la technologie repose sur l'enquête de 1989, l'indice en question ne constitue pas un critère de mesure parfait. Certains établissements classés comme utilisateurs selon l'enquête de 1989 n'auront pas été des utilisateurs dans les années précédentes.

On peut constater ce fait lorsqu'on examine les courbes suivies par l'indice de productivité relative pour le groupe fabrication et assemblage, la combinaison 1 (utilisation généralisée avec intégration) et la combinaison 2 (utilisation généralisée sans intégration). Toutes ces courbes de croissance de la productivité du travail relative ont une forme sinusoïdale comme dans le cas de la part de marché relative. La différence réside dans le fait que les courbes atteignent leur point bas en 1981 au lieu d'en 1982. On constate donc que les gains de productivité du travail précèdent

l'accroissement de la part de marché. La diminution des coûts qui découle de l'augmentation de la productivité par travailleur se traduit tôt ou tard par des baisses de prix pour les consommateurs et donne lieu à un accroissement de la part de marché. Pour les besoins de notre comparaison, les gains de productivité du travail seront donc mesurés pour la période 1981-1989.

Exception faite du groupe fabrication et assemblage, les utilisateurs de la technologie ont joui d'un avantage considérable en matière de productivité du travail par rapport aux non-utilisateurs (tableau 7)⁹. Les établissements qui ont le plus grand avantage sont ceux qui utilisent des technologies du groupe inspection et communications. Leur productivité du travail est 1,73 fois supérieure à celle des établissements qui n'utilisent aucune technologie d'inspection ou de communications. L'utilisation d'autres technologies confère aussi des avantages importants. Les travailleurs dans les établissements qui utilisent des technologies du groupe intégration, contrôle et commande sont 1,67 fois plus productifs; dans le cas des systèmes de manutention automatisée des matières, la productivité est 1,52 fois supérieure; dans le cas de la combinaison 1 (utilisation généralisée avec intégration), elle est 1,47 fois plus grande, et elle est 1,45 fois supérieure pour la combinaison 3 (utilisation axée sur la production, avec intégration). Les établissements jouissant d'un avantage moindre sont ceux qui utilisent les systèmes de gestion de la fabrication (1,27 fois plus productifs), les technologies de conception et d'ingénierie (1,18 fois) et la combinaison 2 -- utilisation généralisée sans intégration (1,15 fois). Il est étonnant de constater que les établissements qui utilisent des technologies de fabrication et d'assemblage n'affichent pas de gains de productivité du travail par rapport aux non-utilisateurs. Ce dernier groupe a aussi un des taux d'adoption les plus bas.

La combinaison de technologies provenant de groupes fonctionnels différents procure des avantages importants en matière de productivité du travail. Toutefois, on observe un écart marqué entre la productivité par travailleur de la combinaison 1 (utilisation généralisée avec intégration) et celle de la combinaison 2 (utilisation généralisée sans intégration). Par conséquent, dans le cas de l'utilisation généralisée de la technologie, les gains de productivité du travail les plus importants sont enregistrés lorsque tout le processus est intégré. Il existe d'autres éléments qui témoignent de l'importance de l'intégration dans certaines circonstances. Utilisées seules, les technologies de fabrication et d'assemblage ne présentent aucun avantage sur le plan de la productivité; mais lorsqu'on les combine à des dispositifs de régulation automatiques et à des technologies d'intégration (combinaison 3), on obtient un avantage considérable.

L'avantage que connaissent les établissements qui utilisent de la technologie sur le plan de la productivité relative par travailleur s'est accru au cours de la période d'étude (figure 3). Les utilisateurs dans tous les groupes de technologies, sauf celui de la conception et de l'ingénierie et celui de l'intégration, du contrôle et de la commande, ont enregistré une croissance considérable de leur productivité relative. La combinaison 3 (utilisation axée sur la production, avec intégration) a affiché la plus forte croissance de la productivité relative au cours des années quatre-vingt (21 %). Elle est suivie par le groupe inspection et communications (15,8 %) et par la combinaison 1 (utilisation généralisée avec intégration) avec 15,1 %; viennent ensuite le groupe fabrication et assemblage avec 14,0 %, les systèmes de manutention automatisée des matières avec 12,4 %, la combinaison 2 (utilisation généralisée sans intégration) avec 10,5 % et, enfin, les

systèmes de gestion de la fabrication avec 10,0 %. Ainsi, les établissements parviennent généralement à accroître leur productivité du travail avec le temps, au fur et à mesure qu'ils se familiarisent avec les caractéristiques des groupes de technologies choisis.

Tableau 7
Productivité relative des utilisateurs de la technologie (pondérée selon la valeur des expéditions)

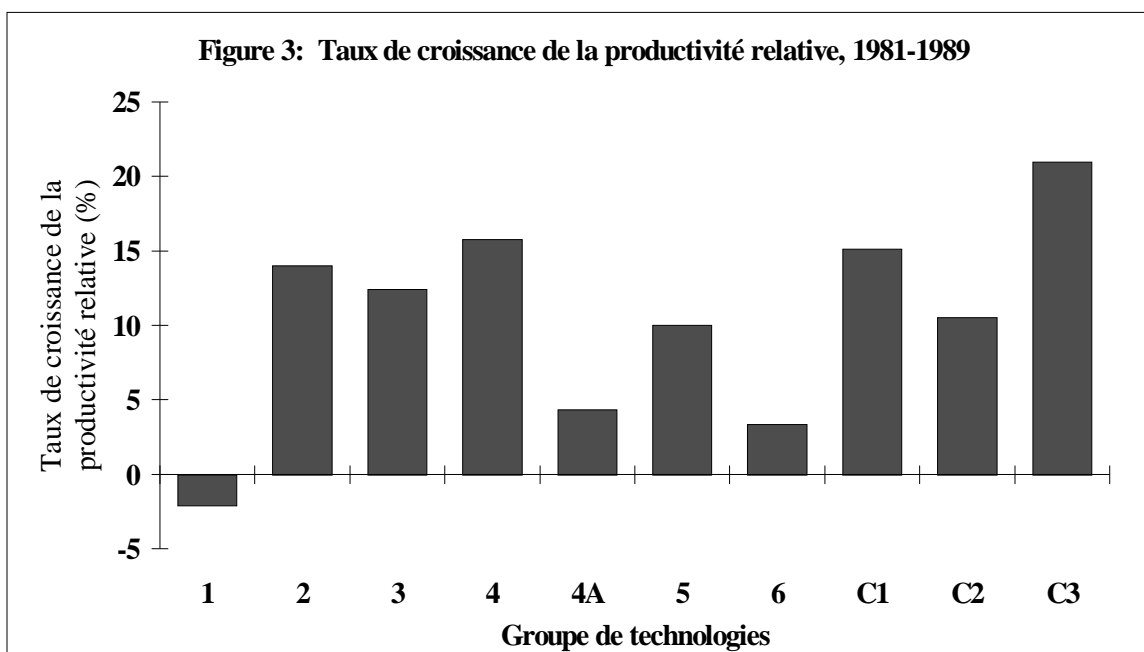
Groupe de technologies	Numéro du groupe	Productivité relative 1981	Productivité relative 1989
Conception et ingénierie	1	1,21 (0,032)	1,18 (0,010)
Fabrication et assemblage	2	0,87 (0,016)	1,0 (0,019)
Systèmes de manutention automatisée des matières	3	1,35 (0,140)	1,52 (0,097)
Inspection et communications	4	1,50 (0,016)	1,73 (0,012)
Dispositifs de régulation automatique	4A	1,45 (0,007)	1,51 (0,043)
Systèmes de gestion de la fabrication	5	1,16 (0,029)	1,27 (0,015)
Intégration, contrôle et commande	6	1,62 (0,090)	1,67 (0,045)
Combinaison 1	C1	1,28 (0,145)	1,47 (0,114)
Combinaison 2	C2	1,04 (0,080)	1,15 (0,069)
Combinaison 3	C3	1,20 (0,090)	1,45 (0,076)

(nota : les erreurs-types sont données entre parenthèses)

Il est toutefois évident que l'utilisation *généralisée* n'est pas toujours associée à une productivité supérieure à celle obtenue par une utilisation *intensive*. La combinaison de certaines technologies pose parfois des difficultés considérables et, même ici, il vaut peut-être mieux opter pour la qualité plutôt que pour la quantité. Par exemple, même si le groupe fonctionnel inspection et communications est celui qui affiche le taux de croissance de la productivité le plus élevé (15,8 %), lorsqu'on le combine à des technologies d'autres groupes (groupes 1, 2, 5 et 6, dans le cas de la combinaison 1, ou groupes 1, 2 et 5 pour la combinaison 2), le taux de croissance de la productivité chute (15,1 % pour la combinaison 1 et 10,5 % pour la combinaison 2). Par ailleurs, lorsque les technologies d'inspection et de communications sont combinées à des technologies de fabrication et d'assemblage et à des dispositifs de régulation automatique, les utilisateurs enregistrent la plus forte croissance de la productivité relative, soit 21,0 % au cours de la période de 10 ans.

Pareillement, les établissements qui utilisent des technologies de fabrication et d'assemblage obtiennent de meilleurs résultats lorsqu'ils font aussi usage de technologies

d'intégration, de contrôle et de commande. Lorsqu'elles sont utilisées seules, les technologies de fabrication et d'assemblage procurent une croissance de la productivité de 14 % pour l'ensemble de la décennie. Dans le cas de combinaisons qui englobent à la fois des technologies de fabrication et d'assemblage et des technologies d'intégration, de contrôle et de commande, le taux de croissance passe à 15 % pour la combinaison 1 et à 21 % pour la combinaison 3. Le taux de croissance chute, cependant, à 10,5 % pour la combinaison 2, qui comprend des technologies de fabrication et d'assemblage, mais pas de technologies d'intégration, de contrôle et de commande.



(nota: les taux de croissance sont de beaucoup supérieurs à zéro au niveau de 5 %, sauf pour les groupes 1 et 6)

Les établissements qui font appel à la combinaison 3 (utilisation axée sur la production, avec intégration) affichent la plus forte croissance de la productivité relative (21 %). Ils enregistrent aussi le taux de croissance de la part de marché le plus élevé de tous les groupes de technologies. On peut donc en déduire que ce sont les établissements qui parviennent à résoudre les problèmes liés à l'incorporation de technologies informatiques de pointe dans leur processus industriel qui tirent les plus grands avantages en matière de croissance de la part de marché et de la productivité.

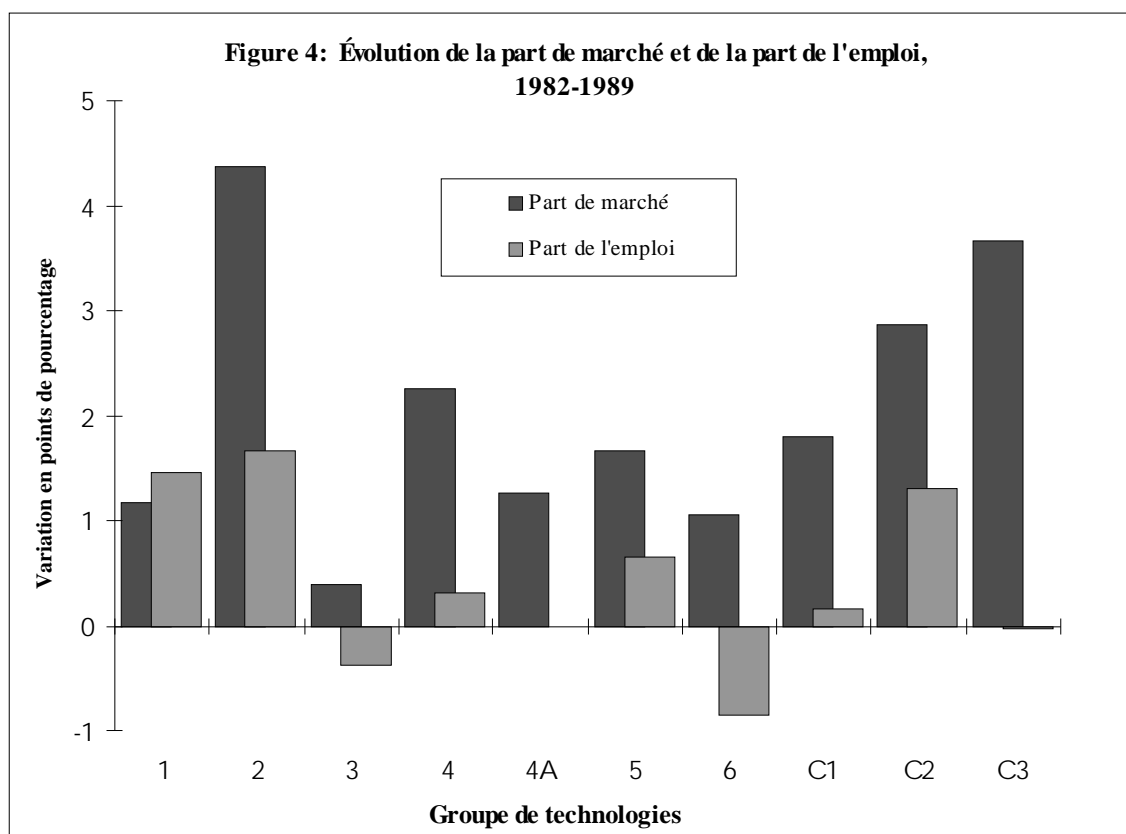
4.3 Part de l'emploi et taux de rémunération relative

L'utilisation de la technologie dans le secteur manufacturier, tout comme sa réussite ou son échec tels que mesurés par la croissance de la productivité et de la part de marché relative, a des répercussions directes et indirectes sur la part de l'emploi attribuée aux entreprises qui utilisent

de la technologie et sur le taux de rémunération relative payé par ces dernières. Les trois prochaines sections tentent d'établir un lien, à la fois à l'échelle nationale et au niveau de l'industrie, entre une mise en oeuvre réussie de la technologie et ces deux intrants du processus de fabrication.

4.3.1 Part de l'emploi

En moyenne, les établissements qui utilisent des technologies ont enregistré un accroissement de leur part de marché au dépens des non-utilisateurs et ont aussi amélioré leur productivité du travail de façon considérable. On ne sait pas encore exactement quelle en est l'incidence sur leur part de l'emploi relative. La part de l'emploi relative et la part de marché ont des effets opposés sur la part de l'emploi relative. Toutes autres choses étant égales, les gains dans la part de marché auront un effet d'accroissement sur les extrants, sur la demande en travailleurs et sur l'emploi; d'autre part, un accroissement de la productivité du travail aura un effet de diminution sur la demande en travailleurs et sur l'emploi au niveau d'extrant actuel. Afin de déterminer l'impact net de ces deux forces, on a calculé la proportion de travailleurs de la production qu'emploient les utilisateurs et les non-utilisateurs.



La variation, en points de pourcentage, de l'emploi et de la part de marché chez les utilisateurs de la technologie, pour la période de 1982 à 1989, est illustrée à la figure 4 (selon le groupe de technologies). En moyenne, la variation de la part de l'emploi est moins grande que celle de la part de marché en raison des gains de productivité du travail relative. Un examen des résultats obtenus pour l'industrie vient confirmer l'impression d'avoir réalisé de faibles gains pour la part de l'emploi. Dans deux groupes fonctionnels seulement -- conception et ingénierie et fabrication et assemblage -- des gains d'emplois positifs sont réalisés à l'échelle nationale et dans la majorité des industries. Ailleurs, les faibles gains enregistrés pour inspection et communications, systèmes de gestion de la fabrication et les combinaisons 1 et 2 à l'échelle nationale ne se traduisent pas par une croissance de la part de l'emploi et ce, dans une majorité d'industries¹⁰.

4.3.2 Croissance du taux de rémunération relative selon le groupe de technologies, à l'échelle nationale

Afin de connaître l'incidence de l'adoption de technologies sur les taux de rémunération relative versés par les établissements qui utilisent de la technologie, le revenu par travailleur de la production des établissements utilisateurs a été comparé au revenu par travailleur de la production des établissements non-utilisateurs, pour la période de 1980 à 1989¹¹. Contrairement aux deux autres mesures, cet indice affiche une croissance ininterrompue depuis le début de la période, de sorte qu'aucun rajustement interpolatif n'est nécessaire. Cependant, pour les besoins de la comparaison avec l'indice de productivité relative, on a utilisé 1981 comme année de référence pour calculer l'indice de rémunération relative.

Les établissements qui utilisent des technologies manufacturières de pointe versaient, en 1981 et en 1989, des salaires beaucoup plus élevés que les non-utilisateurs et ce, pour tous les groupes de technologies (tableau 8)¹². En 1989, ceux qui utilisent des technologies d'inspection et de communications paient le taux de rémunération relative le plus élevé (1,31 fois celui versé par les non-utilisateurs). Le groupe intégration, contrôle et commande vient en deuxième place (1,28 fois supérieur), puis suivent la combinaison 1 (1,27 fois), la combinaison 3 (1,26 fois), la combinaison 2, les systèmes de manutention automatisée des matières et le groupe conception et ingénierie (1,17 fois chacun), le groupe fabrication et assemblage (1,12 fois) et les systèmes de gestion de la fabrication (1,10 fois). Ainsi, les travailleurs des établissements qui utilisent des technologies touchent un taux horaire supérieur, en moyenne, à celui de leurs homologues des établissements non utilisateurs.

Outre la disparité relevée entre les taux de rémunération payés par les utilisateurs et les non-utilisateurs, il existe une disparité semblable à l'intérieur même du groupe des entreprises utilisatrices de technologies. On peut différencier les groupes fonctionnels par la mesure dans laquelle ils sont directement intégrés au processus de production ou servent à le gérer au moyen de diagnostics, de commande et de contrôle de la qualité. Dans le premier cas, ils sont directement impliqués dans la création de la production -- la deuxième catégorie rehausse la productivité de la gestion¹³. On qualifie ces groupes fonctionnels comportant des technologies intégrées de type «cols bleus», et celles contenant des technologies de gestion de la production de type «cols blancs».

Tableau 8
Taux de rémunération relative des utilisateurs de la technologie (pondéré selon la valeur des expéditions)

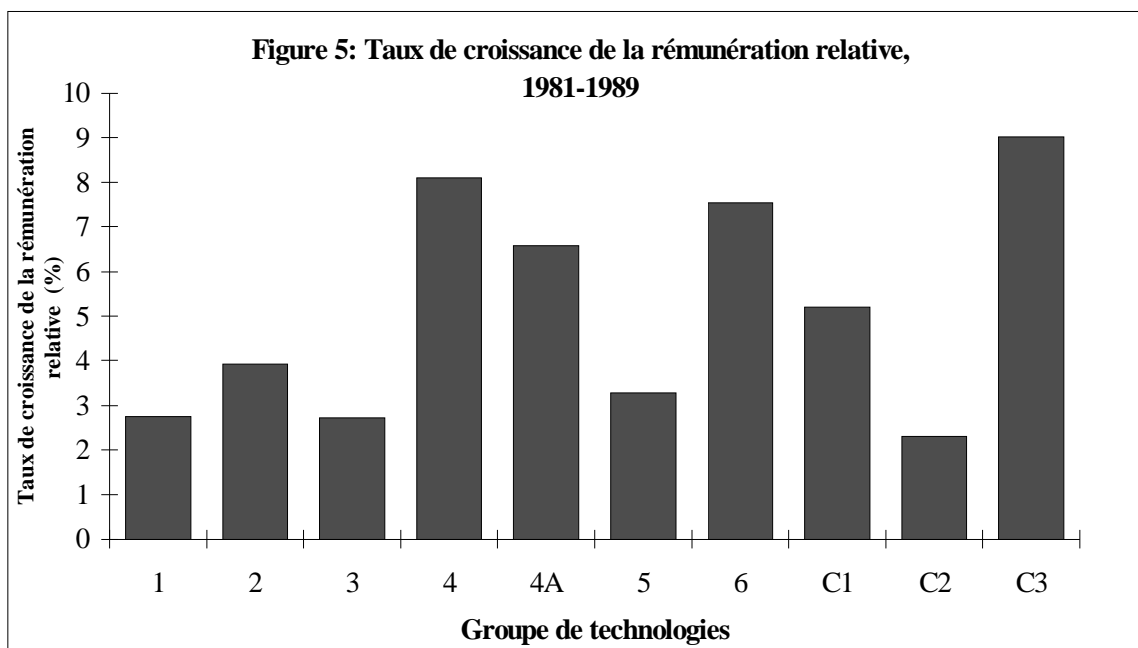
Groupe de technologies	Numéro du groupe	Productivité relative 1981	Productivité relative 1989
Conception et ingénierie	1	1,14 (0,008)	1,17 (0,005)
Fabrication et assemblage	2	1,08 (0,006)	1,12 (0,006)
Systèmes de manutention automatisés	3	1,14 (0,024)	1,17 (0,038)
Inspection et communications	4	1,21 (0,002)	1,31 (0,002)
Dispositifs de régulation automatique	4A	1,18 (0,002)	1,25 (0,005)
Systèmes de gestion de la fabrication	5	1,06 (0,006)	1,10 (0,007)
Intégration, contrôle et commande	6	1,19 (0,014)	1,28 (0,013)
Combinaison 1	C1	1,21 (0,034)	1,27 (0,035)
Combinaison 2	C2	1,14 (0,023)	1,17 (0,027)
Combinaison 3	C3	1,16 (0,025)	1,26 (0,024)

(nota: les erreurs-types sont données entre parenthèses)

Les salaires relatifs les plus élevés sont versés, aussi bien au début qu'à la fin de la période, par les établissements qui utilisent les technologies dites «de cols blancs» (c'est-à-dire inspection et communications). Les salaires relatifs dans les établissements qui utilisent des technologies dites «de col bleu» (c'est-à-dire, fabrication et assemblage) comptent les taux de rémunération les plus faibles. En outre, cette disparité est croissante; parmi les groupes de technologies, la croissance du taux de rémunération relative pour la période de 1981 à 1989 fait l'objet d'une corrélation positive avec le taux de rémunération relative de 1981. La figure 5 montre que la croissance du taux de rémunération dans le groupe fabrication et assemblage de type «cols bleus» est de 4 %, mais que la croissance du taux de rémunération relative se rapproche davantage de 8 % pour le groupe inspection et communications de type «cols blancs».

On peut peut-être expliquer l'écart du taux de rémunération entre les utilisateurs et les non-utilisateurs (entre les travailleurs «cols blancs» et «cols bleus») par le fait que les établissements qui adoptent des technologies de plus en plus complexes doivent verser des salaires plus élevés afin d'attirer les travailleurs ayant les compétences appropriées. Cette hypothèse est d'ailleurs corroborée par une étude américaine dans le cadre de laquelle on a déterminé que les salaires plus élevés payés, en moyenne, par les usines utilisatrices de technologies de pointe peuvent s'expliquer par la plus grande spécialisation de leurs employés (Doms, Dunne et Troske, 1994). Il ne fait aucun doute que le taux de rémunération versé par un établissement est lié à la productivité de ce dernier. Si on utilise les données présentées ici pour effectuer un test de corrélation des rangs de Spearman, on constate que les taux de rémunération relative font l'objet

d'une corrélation directe avec la productivité relative des groupes de technologies et que cette relation se renforce tout au long de la décennie. Ainsi, l'utilisation de technologies manufacturières de pointe est associée à des travailleurs plus spécialisés, plus rémunérés et plus productifs comparativement aux non-utilisateurs des technologies.



(nota: les taux de croissance sont de beaucoup supérieurs à zéro au niveau de 5 % lorsqu'on utilise le test t unilatéral)

4.3.3 Niveau de l'industrie

Selon les moyennes nationales, le taux de rémunération relative a progressé pour tous les groupes de technologies. Afin de vérifier si c'est le cas dans l'ensemble des industries, les taux de rémunération relative des utilisateurs de la technologie sont calculés pour les industries visées par un code à deux chiffres.

À l'exclusion de la catégorie peu employée des systèmes de manutention automatisée des matières, les taux de rémunération relative ont augmenté dans au moins 11 des 15 industries visées par un code à deux chiffres, dans chacun des groupes fonctionnels. Il est plus difficile de généraliser en ce qui concerne les résultats nationaux pour les diverses combinaisons de technologies. Ils sont le fruit de fortes augmentations de la rémunération dans certaines industries, notamment en ce qui a trait à la combinaison 1, où seulement 6 industries sur 15 ont connu des hausses de la rémunération relative. Les combinaisons 2 et 3 ont enregistré des hausses dans 10 et 11 industries, respectivement. Ces résultats reflètent en gros ceux enregistrés relativement à la croissance de la part de marché au niveau de l'industrie.

5. Estimations de la population: incidence lorsqu'on ajoute les petites entreprises

Il y a une autre façon d'examiner l'incidence associée à l'adoption de technologies. On utilise l'échantillon d'établissements pour déterminer les changements qui se sont produits dans la population. On peut procéder en utilisant les échantillons pondérés tirés de l'enquête de 1989. Dans la présente section, nous examinons les résultats obtenus lorsqu'on utilise les 4 000 observations dans notre groupe d'étude pour déterminer les changements qui se sont produits dans la population de quelque 40 000 établissements manufacturiers. Les résultats pour la population différeront de ceux obtenus pour le groupe d'étude dans la mesure où les petites et grandes usines n'enregistrent pas les mêmes répercussions quant à l'utilisation de la technologie de pointe; la raison est que le groupe d'étude compte principalement de grands établissements, tandis que la population comprend principalement de petits établissements.

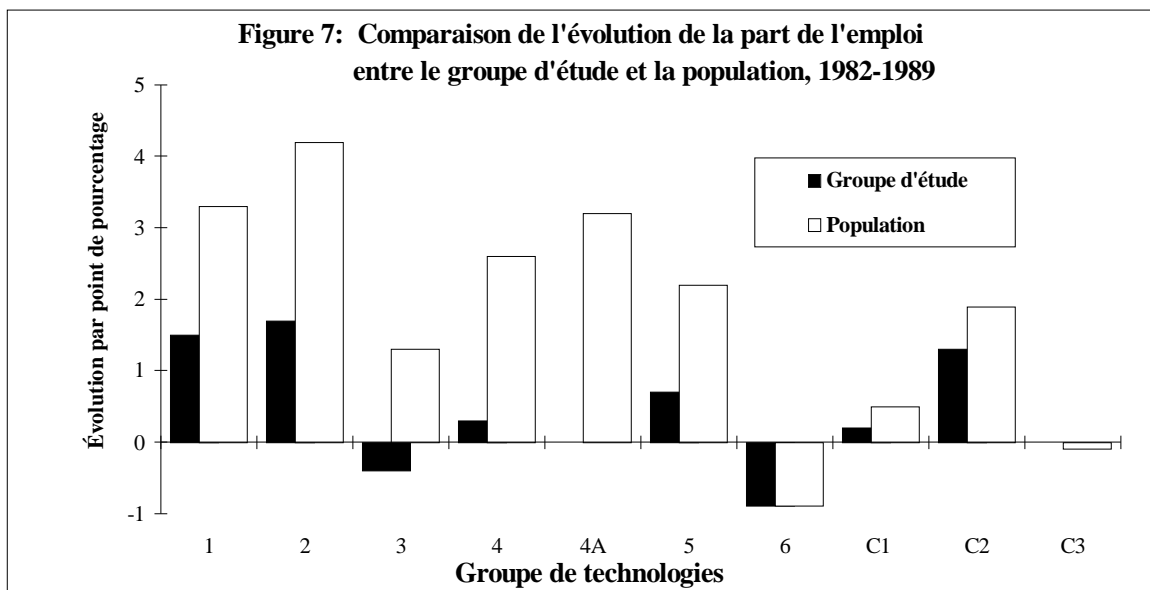
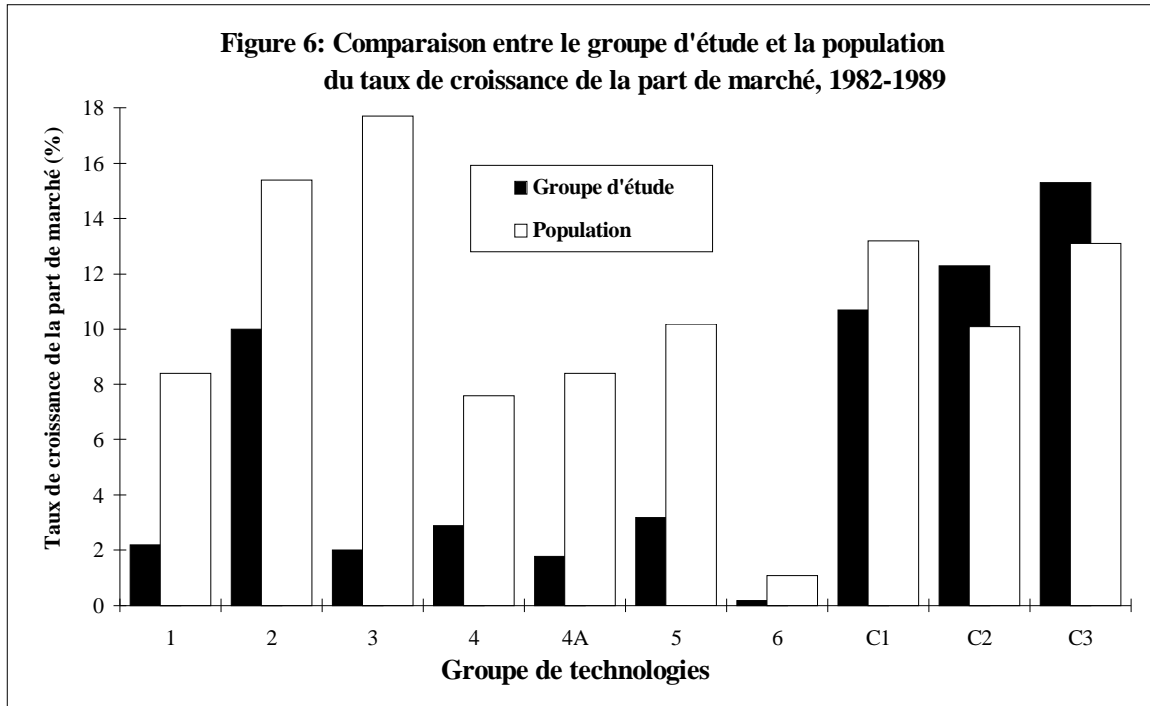
Lorsqu'on calcule les résultats pour la population¹⁴, on constate encore que les utilisateurs de technologies de pointe enregistrent des gains dans la part de marché, la productivité relative et le revenu relatif par travailleur de la production. On remarque cependant quelques changements intéressants quant à la taille relative des groupes de technologies et au taux de variation entre ces derniers; en effet, il apparaît que la réussite des petites entreprises découle davantage de l'utilisation de technologies de différents groupes fonctionnels que de combinaisons intégrées.

Comparativement aux résultats du groupe d'étude, les taux de croissance de la part de marché dans la population sont beaucoup plus élevés dans tous les groupes fonctionnels, quoique légèrement inférieurs dans deux des trois combinaisons (figure 6). Comme les petites usines sont plus susceptibles d'utiliser des technologies de pointe à une étape du processus de production seulement tandis que les usines plus grandes sont plus susceptibles de combiner des technologies de divers groupes, et comme le groupe d'étude utilisé précédemment comprend beaucoup de grandes usines, l'utilisation des données sur la population donne une plus grande importance à l'utilisation des groupes fonctionnels et moins d'importance aux combinaisons. Les données sur la population portent à croire qu'un taux élevé de croissance de la part des marchés est associé à une gamme plus vaste d'options de technologies que ce n'est le cas pour le groupe d'étude.

Les estimations de la population à l'égard de la productivité des entreprises utilisatrices de technologies produisent très peu de changements. Comparativement au groupe d'étude, les taux de croissance de la productivité de travail dans les groupes fonctionnels dits «de cols blancs», comme inspection et communications, augmentent; les taux de croissance de la productivité des groupes fonctionnels dits «de cols bleus», comme fabrication et assemblage, diminuent, mais sont toujours positifs. Enfin, l'intégration devient un facteur de réussite encore plus important que ce qu'on a établi auparavant.

Lorsqu'on utilise les données sur la population, l'évolution de la part de l'emploi est plus grande dans huit des dix groupes de technologies (figure 7). Les hausses sont particulièrement importantes dans les groupes fonctionnels où les gains dans la part de marché sont les plus importants. La différence entre les résultats obtenus pour le groupe d'étude et ceux obtenus pour

la population porte fortement à croire que les gains d'emploi sont enregistrés dans les usines plus petites plutôt que plus grandes -- ce résultat est compatible avec les travaux de recherche effectués par Baldwin et Picot (1994).



6. Conclusion

En résumé, il est clair que c'est dans le groupe inspection et communications, et en particulier dans les fonctions de contrôle et de commande, que les technologies informatiques ont eu le plus d'impact. Les établissements adoptent plus de technologies d'inspection et de communications que de tout autre groupe de technologies. Peu importe qu'on utilise le groupe d'étude ou les estimations de la population, on constate que les établissements qui utilisent les technologies d'inspection et de communications détiennent la part de marché relative la plus importante et le ratio productivité-main-d'oeuvre le plus élevé, de même qu'un des taux de rémunération relative les plus élevés comparativement aux utilisateurs de technologies d'autres groupes fonctionnels. Le groupe inspection et communications constitue un facteur critique de réussite lorsqu'on combine des technologies de différents groupes fonctionnels. De même, le taux de rémunération relative et le taux de productivité du travail relative enregistrés pour les établissements utilisateurs des technologies d'inspection et de communications connaissent une croissance plus rapide que partout ailleurs.

L'adoption des technologies d'inspection et de communications a eu des effets marqués sur l'entreprise, y compris un changement dans la structure organisationnelle. Les technologies de communications facilitent la collecte des données, et les technologies de contrôle et de commande permettent l'utilisation de ces renseignements pour la gestion des procédés, mais seulement lorsqu'ils peuvent être assimilés. La mise au point de technologies de communications et de contrôle-commande a permis de réduire considérablement les coûts d'acquisition des données. L'incorporation de ces technologies aux procédés de production a nécessité l'élaboration de nouvelles techniques pour filtrer et assimiler les données. Cela a exigé en retour qu'on modifie la structure de nombreuses entreprises.

Les anciennes structures, qui n'avaient pas été conçues pour filtrer des données en évolution et en expansion perpétuelles, ont dû être modifiées. En conséquence, les changements apportés à la structure administrative ont entraîné l'élimination d'un bon nombre de postes de gestion intermédiaires. Les services des personnes qui s'occupaient de recueillir l'information -- opération que les machines accomplissent maintenant avec plus d'efficacité -- ne sont désormais plus requis. Les machines peuvent filtrer l'information, en modifier la présentation et l'acheminer directement aux cadres supérieurs sans l'aide d'intermédiaires. Les ordinateurs recueillent l'information et la transmettent plus rapidement et sous des formes plus diverses que ne pouvait le faire l'humain auparavant.

Les systèmes de communications et de contrôle-commande s'occupent aussi de la prise des décisions courantes qui peuvent être codifiées. Les décisions relatives à l'entreposage et à la planification des stocks sont désormais prises de façon courante par des systèmes de planification informatisés. Ceux-ci ainsi que d'autres systèmes d'information de gestion représentent souvent la première application des systèmes à intelligence artificielle -- ils prennent des décisions qui varient au fur et à mesure que l'information est introduite dans le processus et qui amènent aussi la machine à modifier la règle de décision.

Pendant que l'on remplace certains gestionnaires, les fonctions de ceux qui restent changent. Leurs fonctions, qui consistaient essentiellement à filtrer et à contrôler l'information (opérations maintenant effectuées par les machines), consistent désormais à trouver de nouvelles façons d'utiliser les machines. Cette évolution s'accompagne d'autres changements au sein de la structure organisationnelle. L'assouplissement des structures organisationnelles, l'élaboration de nouvelles modalités de travail et la responsabilisation constituent quelques-uns des moyens par lesquels les entreprises tentent d'aider les employés à réagir à l'augmentation du volume de données engendrée par ces nouvelles technologies de communications et de contrôle-commande. La «nouvelle organisation» du travail est telle qu'on encourage tous les employés -- des procédés industriels, l'atelier de R-D et de la gestion -- à participer à l'amélioration de la position de l'entreprise. Cela est maintenant possible grâce à l'arrivée d'ordinateurs qui facilitent l'échange de l'information entre toutes les parties de l'organisation de même qu'avec les clients et les fournisseurs.

En outre, la formation revêt désormais beaucoup d'importance pour les entreprises qui sont les plus évoluées sur le plan technologique (Baldwin et Johnson, 1994b). Une partie de la formation vise à enseigner des compétences particulières, mais l'objectif consiste surtout à permettre aux gestionnaires et aux travailleurs de la production de mieux traiter les signaux qui leur sont transmis et de réagir en conséquence.

Les programmes de gestion de la qualité totale évoluent au fur et à mesure que les entreprises découvrent de nouvelles façons d'utiliser l'information fournie par les technologies de communications et de contrôle-commande. L'augmentation du volume de données signifie que les programmes de contrôle sont beaucoup plus détaillés que par le passé, ce qui permet une amélioration considérable des fonctions de contrôle de la qualité. L'exercice d'un contrôle accru permet de réduire considérablement le taux de rejet de certains produits. Plus important encore, on étend désormais la fonction de contrôle de la qualité afin d'englober le concept de gestion de la qualité totale, par l'inclusion de phases de certification dans le cadre du processus de production. Cette technique suppose la codification des règles qui permettent aux gestionnaires de normaliser les processus de contrôle et de commande. On établit des points de référence qui servent à mesurer la réussite au niveau de l'établissement. Le fait que les programmes de certification en matière de gestion de la qualité totale aient atteint aujourd'hui un niveau aussi évolué témoigne des répercussions considérables des technologies de communications et de contrôle-commande ainsi que de l'avancement relatif de ces technologies.

L'accent mis sur l'analyse comparative en tant que stratégie d'entreprise découle également de l'explosion de l'information engendrée par les technologies de communications et de contrôle-commande. L'analyse comparative constitue une sorte de fonction de contrôle de la qualité fondée sur le rendement des concurrents de premier plan. Tout comme dans le cas de la gestion de la qualité totale, cette méthode nécessite que d'importants volumes de données soient assimilées, indexées et classées par catégorie et par ordre de priorité. Pour que cette tâche puisse être accomplie convenablement, il faut l'intégrer au système d'information de gestion de l'entreprise. Une fois de plus, les technologies informatiques sont essentielles à l'élaboration de cette stratégie.

Comparativement au cas des fonctions de contrôle-commande et de communications, la révolution informatique a eu une moins grande incidence sur les procédés industriels. Le groupe fabrication et assemblage affiche l'un des taux d'adoption les plus faibles de tous les groupes fonctionnels. Il vient derrière les groupes inspection et communications, conception et ingénierie et systèmes de gestion de la fabrication. Des progrès considérables restent encore à faire avant que la vision futuriste du processus de fabrication industriel (où les machines commandent les machines et les robots prennent la place des humains) devienne un phénomène répandu. Toutefois, il est vrai que la réussite des petites usines, en ce qui a trait aux gains touchant aussi bien la part de marché que l'emploi, est étroitement associée à l'utilisation d'une technologie de fabrication et d'assemblage de pointe.

Avec un taux d'adoption légèrement inférieur à celui du groupe fabrication et assemblage, les technologies d'intégration, de contrôle et de commande constituent un autre groupe qui affiche un certain retard. Toutefois, les établissements qui utilisent ces technologies enregistrent une croissance plus rapide lorsqu'ils les combinent aux technologies de fabrication et d'assemblage et aux dispositifs de régulation automatisés (combinaison 3). Ces établissements enregistrent aussi un des taux les plus élevés concernant la productivité du travail relative et la rémunération relative.

Le faible taux d'utilisation de l'intégration s'explique par le fait que la technologie généralisée n'est pas un phénomène très répandu. Il est rare qu'un établissement utilise plusieurs technologies faisant partie de chacun des groupes fonctionnels -- conception, fabrication, inspection et systèmes de gestion de la fabrication, par exemple. Cette situation peut découler en partie du fait que les établissements de petite taille se spécialisent dans des gammes d'activités réduites, mais il ne s'agit probablement pas de la principale explication. Plutôt, comme dans le cas des technologies d'intégration, de contrôle et de commande, la combinaison des différents aspects des nouvelles technologies informatiques pose des difficultés. Il faut du temps pour parvenir à maîtriser toute la gamme des nouvelles possibilités.

L'adoption de technologies de communications et de fabrication est fort bénéfique. Les deux sont associés à une part de marché et à une productivité du travail considérables; toutefois, les technologies d'inspection et de communications se sont déjà répandues dans l'ensemble du système, tandis que la diffusion des technologies de fabrication et d'assemblage n'est pas aussi grande. Cette différence découle probablement de la taille du marché et du degré de spécialisation que peuvent se permettre les entreprises de services. Quelle que soit l'entreprise et le procédé, les problèmes de communications existent; en raison de la taille de leur marché, des entreprises spécialisées ont pris naissance en vue de s'attaquer à ces problèmes. La concurrence dans ce secteur est féroce. Même lorsqu'il faut élaborer des solutions adaptées aux besoins individuels, on peut facilement aller chercher les connaissances nécessaires à l'extérieur de l'organisation. La diffusion se déroule alors rapidement.

À l'opposé, l'incorporation de technologies informatiques de pointe dans le processus de production se fait de façon plus particulière. Les processus de production diffèrent d'une industrie à l'autre (voir au sein d'une même industrie, du fait que la taille des usines varie). L'adaptation de

technologies particulières se fait davantage au niveau de l'entreprise. Il se peut que les connaissances nécessaires au bon fonctionnement soient d'un type qui ne se transfère pas facilement parce que l'acquisition de ces connaissances requiert leur expérimentation dans le processus de production unique et particulier de cette entreprise. C'est particulièrement le cas des systèmes intégrés associés à la fabrication et à l'assemblage. La technologie se répand plus lentement ici en raison des problèmes inhérents au transfert de connaissances très spécifiques.

Dans l'avenir, il faut s'attendre à ce que les étapes de fabrication et d'assemblage subissent continuellement des changements, au fur et à mesure que les problèmes de production très particuliers de chaque entreprise seront résolus par une main-d'oeuvre de plus en plus au courant des solutions mises de l'avant dans des situations différentes, mais connexes. La formation de réseaux et la collaboration des entreprises au sein des grappes -- décrites par Von Hippel (1988) - - sont autant de facteurs qui devraient permettre d'élargir les applications dans ce domaine. Mais cela ne veut pas dire que la révolution informatique est terminée dans les domaines où la technologie est établie. On continuera de développer de nouvelles applications, et la réduction continue du coût des ordinateurs facilitera les expérimentations visant à concevoir de nouvelles méthodes d'acquisition, d'organisation et d'analyse de l'information.

Il faut mentionner que les structures salariales ont aussi été touchées par les technologies de pointe. Ces dernières années, l'inégalité de la distribution des revenus s'est accrue. Les débats ont porté sur les sources de cette évolution. Les données portant sur les taux de rémunération relative qui sont présentés ici portent à croire que la distribution des revenus est largement liée à l'utilisation de la technologie. Les établissements qui utilisent des technologies manufacturières de pointe versent des salaires plus élevés que les non-utilisateurs. De plus, l'écart du taux salarial a connu la croissance la plus rapide dans les groupes de technologies où les salaires relatifs étaient les plus faibles initialement. Il faudra obtenir encore plus de données pour bien estimer toutes les conséquences de la révolution technologique, mais les résultats présentés ici donnent une bonne idée de l'orientation que devrait prendre la recherche.

NOTES

1. Voir *The Economist* (1994).
2. Pour savoir comment la situation a progressé aux États-Unis, consulter David (1990).
3. L'enquête est fondée sur un échantillon représentatif de l'ensemble de l'industrie canadienne, au niveau des établissements. Sont incluses des entreprises dont la valeur des expéditions est petite, moyenne et grande. L'échantillon compte 4 200 établissements, dont 3 952 ont répondu, soit 94 %.
4. L'échantillon d'établissement auquel on a demandé de participer à l'ETF de 1989 a été établi à partir de la base de 1985. Le fait qu'on ait établi un lien entre l'enquête et les données recueillies au moyen d'un échantillon constant de répondants pour la période de 1980 à 1989 signifie que l'échantillon ne comprend ni les décès qui se sont produits entre 1980 et 1985 ni les naissances entre 1985 et 1989. Ainsi, le taux d'évolution de la part sera sous-estimé puisque le décès de certains non-utilisateurs et la naissance de certains utilisateurs ont été exclus. Le lecteur devrait voir le présent document comme un sommaire de ce qui se produit au sein de ce qui constitue essentiellement un échantillon constant d'établissement. Les corrections qui ont été apportées pour les décès et les naissances non déclarés viennent considérablement renforcer l'hypothèse selon laquelle les gains dans la part de marché sont associés à l'utilisation de la technologie.
5. Ces parts de marché ne doivent pas être confuses avec les estimations de la population présentées dans la section précédente. Les parts présentées ici font seulement référence à l'échantillon constant de 4 200 établissements qui sont liés à l'enquête de 1989.
6. Les taux de croissance sont calculés en divisant la différence entre les deux années interpolatives par l'année de référence.
7. Ici nous traitons le groupe d'étude comme un échantillon, des tests statistiques normalisés peuvent être utilisés. Afin d'examiner l'importance des taux de croissance de la part de marché, on utilise des tests non paramétriques. Ils confirment que le taux moyen de croissance de la part de marché dans chaque catégorie est de beaucoup supérieur à zéro.
8. On calcule l'extrant par travailleur pour un groupe de technologies comme étant la somme de tous les extrants divisés par la somme de tous les travailleurs, ce qui équivaut à la moyenne d'extrants pondérée selon l'emploi par travailleur.
9. À l'aide du test *t* bilatéral, les mesures de productivité relative de tous les groupes de technologies sont de beaucoup supérieures à un, sauf dans le cas du groupe fabrication et assemblage.

10. Ces résultats ne disent rien au sujet de l'incidence de la part de marché relative et de la productivité sur les niveaux d'emploi globaux. On ne peut pas déterminer le taux d'emploi à partir du taux d'évolution de la part de l'emploi puisque même lorsque la part de l'emploi diminue avec le temps, l'emploi de façon globale peut connaître une croissance dans une industrie ou au sein d'une économie croissante.
11. Le revenu par travailleur pour un groupe de technologies est calculé comme étant le revenu total des travailleurs de la production divisé par le nombre total de travailleurs de la production dans ce groupe, et on obtient tout juste le salaire moyen pondéré selon l'emploi.
12. À l'aide du test t bilatéral, les mesures du taux de rémunération relative de tous les groupes de technologies sont de beaucoup supérieures à un.
13. Pour une classification plus vaste, mais connexe, voir Strassmann (1990).
14. Pour cela, nous utilisons les poids de probabilité de 1989 liés à l'enquête de 1989.

BIBLIOGRAPHIE

Baldwin, J.R. and Johnson (1994a). "Stratégie des entreprises innovatrices et non innovatrices au Canada", Document de recherche #73, Division de l'analyse micro-économique, Statistique Canada.

Baldwin, J.R. and Johnson (1994b). "Développement du capital humain et innovation: la formation dans les petites et moyennes entreprises", Document de recherche #74, Division de l'analyse micro-économique, Statistique Canada.

Baldwin, J.R. and G. Picot (1994), «Les créations d'emplois par les petits producteurs du secteur manufacturier Canadien», Document de recherche #70, Division de l'analyse micro-économique, Statistique Canada.

David, Paul (1990), "The Dynamo and the Computer", *American Economic Review*, Papers and Proceedings.

Doms, M. and T. Dunne and K. Troske (1994), «Workers, Wages, and Technology», mimeo Center for Economic Studies, U.S. Census Bureau.

The Economist (1994), "A Survey of Manufacturing Technology", Mar. 5, pp.2-18.

Fortier, Y. and L.M. Ducharme and F. Gault (1993), "A Comparison of the Use of Advanced Manufacturing Technologies in Canada and the United States", *STI Review*, No. 12, pp.81-100.

National Research Council, Corporate Planning and Evaluation (April, 1994), *National Systems of Innovation: A Research Paper on Innovation and Innovation Systems in Canada*.

Northcott, J. and G. Vickery (1993), "Surveys of the Diffusion of Microelectronics and Advanced Manufacturing Technology", *STI Review*, No.12, pp.7-35.

Strassmann, P.A. (1990), *The Business Value of Computers*, Connecticut: Information Economic Press

Vickery, G. and D. Campbell (1989), "Advanced Manufacturing Technology and the Organization of Work", *STI Review*, No.6, pp.105-146.

Von Hippel, E. (1988), *The Sources of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.

SOURCES DE DONNÉES

Statistics Canada (1989), "Survey of Manufacturing Technologies - 1989: Statistical Tables", Science, Technology, and Capital Stock Division, Ottawa.

Statistics Canada (1991), "Survey of Manufacturing Technology", *Indicators of Science and Technology*, Cat. 88-002, Vol. 1, No. 4, Ottawa.