

QUEEN
HD
9696
.A3
C2514
1996
c.2

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

CODE CTI 3352

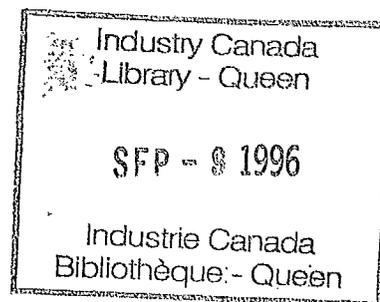
PERSPECTIVES DE L'INDUSTRIE

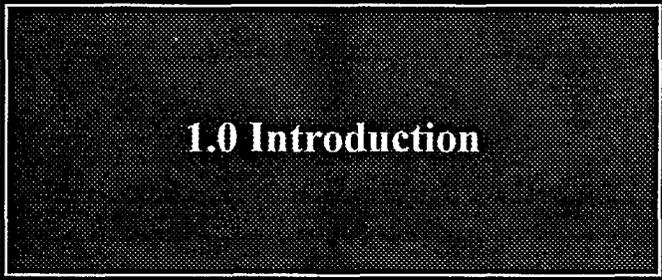
Direction générale de l'industrie de la
technologie de l'information
Industrie Canada
12 avril 1996

Queen
HD
9696
.A3
C2514
1996
c.2

Perspectives de l'industrie des composants électroniques

1.0 Introduction	1
1.a. Définition de l'industrie des composants électroniques	2
1.b. Description des produits	2
1.c. Explication des données	4
2.0 Profil de l'industrie	6
2.a. Introduction	7
2.b. Semiconducteurs	7
2.c. Cartes de circuits imprimés	8
3.0 Structure de l'industrie	10
3.a. Introduction	11
3.b. Concentration géographique	11
4.0 Croissance et performance de l'industrie canadienne	13
4.a. Marché intérieur apparent	14
4.b. Production et fabrication	15
4.c. Emploi	19
4.d. Emploi en R-D	19
4.e. Performance de R-D	20
4.f. Coûts, salaires et traitements	22
5.0 Commerce et marchés internationaux	24
5.a. Introduction	25
5.b. Performance commerciale	26
6.0 Tendances et débouchés	29
6.a. Introduction	30
6.b. Tendances de la technologie et débouchés dans le secteur des semiconducteurs	31
6.c. Tendances de la technologie et débouchés dans le secteur des circuits imprimés	34
GLOSSAIRE	37





1.0 Introduction

Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec l'auteur, Don Olcheski, au (613) 954-3323.

SECTION 1 - INTRODUCTION

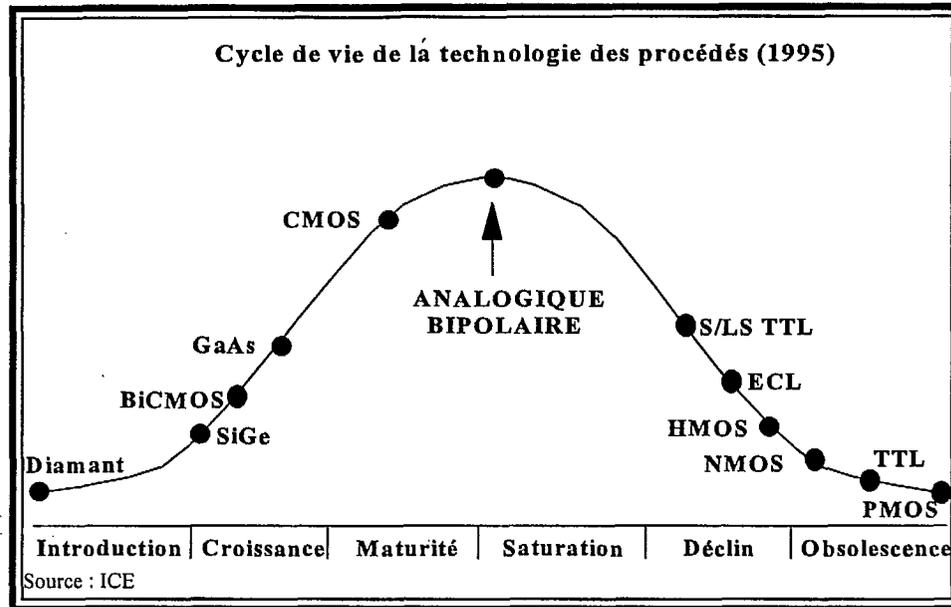
1.a. Définition de l'industrie des composants électroniques

Dans la Classification type des industries (CTI), l'industrie des composants électroniques est classée dans la catégorie désignée par le code 3352, qui comprend les semiconducteurs, les circuits imprimés, les connecteurs, les condensateurs, les résistances, les commutateurs, les relais, les transformateurs, les bobines d'induction et de nombreux autres types de composants électroniques, tels que les dispositifs d'alimentation. Les composants électroniques sont les dispositifs qui sont situés sur les cartes de circuits imprimés que l'on retrouve à l'intérieur des ordinateurs, des téléphones cellulaires et des systèmes d'injection électronique des voitures. Le niveau de complexité des composants situés sur un circuit imprimé peut varier, mais ils sont tous conçus pour remplir une fonction spécifique.

1.b. Description des produits

Pour les fins du présent document, nous allons utiliser deux catégories de classification : les composants actifs et les composants passifs. Les **composants actifs** sont généralement constitués des circuits intégrés et des transistors. La présente étude porte principalement sur les circuits intégrés (CI) à semiconducteurs à oxyde de métal complémentaire (CMOS), puisque ces produits représentent plus de 75 % du marché des semiconducteurs et forment le gros du marché canadien pour cette catégorie de produits. L'industrie des semiconducteurs est parvenue à produire des circuits offrant un niveau de complexité de plus en plus grand à des coûts concurrentiels. Le *graphique de la page suivante* illustre le cycle de vie de cette technologie; il indique que le processus de production des CMOS a atteint sa phase de maturité, alors que les transistors bipolaires semiconducteurs à oxyde de métal complémentaire (BiCMOS) sont en phase de croissance. Les dispositifs à mémoire, les circuits intégrés logiques, les puces microprocesseurs et les circuits intégrés à application spécifique (ASIC) forment le gros du marché des CI à semiconducteurs. Les circuits qui contiennent des composants discrets et hybrides forment aussi des composants électroniques importants qui sont souvent utilisés avec les CI sur les cartes de circuits imprimés (CCI). On a recours à de nombreux matériaux différents pour la fabrication des dispositifs semiconducteurs, les plus répandus étant le silicium, le germanium et l'arséniure de gallium (GaAs). Un autre segment important du marché canadien des semiconducteurs est celui du montage sous boîtier, où un dispositif CI est mis sous boîtier et interconnecté au prochain niveau du dispositif.

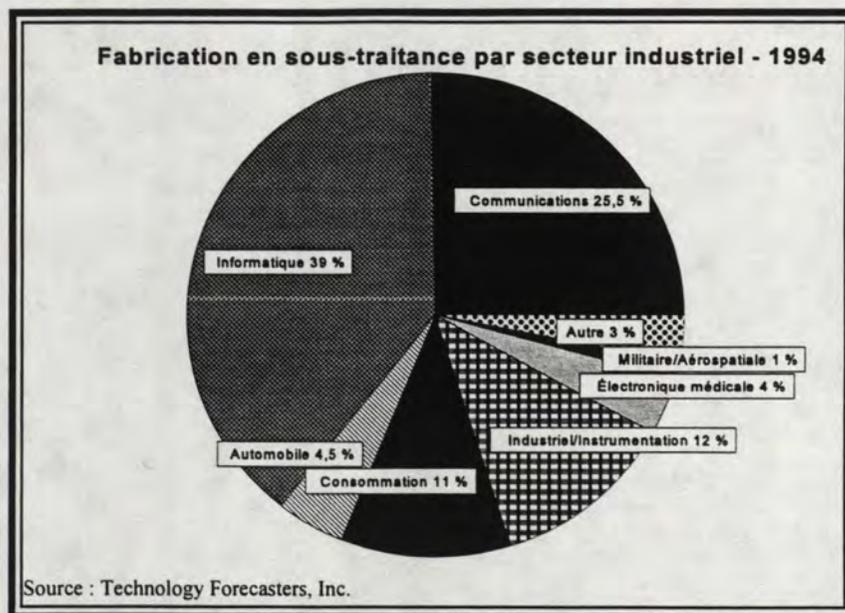
Les entreprises qui sont les premières à commercialiser un produit sont celles qui tirent les plus grands profits ou avantages de celui-ci, car elles bénéficient d'un cycle de vie plus long et peuvent espérer récupérer la plus grande partie des investissements de R-D qu'elles ont dû faire pour amener ce produit sur le marché. Celles qui arrivent sur le marché au moment où les prix baissent ne retirent jamais le même niveau de profits que celles qui ont été les premières à lancer le produit.



Les composants passifs sont les résistances, les condensateurs, les bobines d'induction, les connecteurs, etc. Les composants actifs et passifs sont aujourd'hui au coeur de chaque produit électronique que l'on retrouve sur le marché, qu'il s'agisse d'un ordinateur personnel (OP), d'un téléviseur, d'une caméra, d'un simple jouet ou des réseaux de télécommunications qui serviront à construire l'«autoroute de l'information». Tous ces produits électroniques contiennent des circuits imprimés composés d'isolateurs et de conducteurs. La complexité de ces produits se reflète dans la complexité du circuit imprimé requis pour leur fabrication. Cela peut aller des simples microplaquettes renfermant une seule couche de composants aux circuits complexes multicouches. Les structures à couches minces ou épaisses sont aussi utilisées dans la fabrication de ces produits.

Le matériau utilisé varie grandement d'un produit à l'autre et dépend de la complexité du produit électronique et de l'environnement dans lequel il sera utilisé. Les matériaux utilisés comprennent le papier, le verre époxy, le silicium, le mylar, le téflon et divers matériaux céramiques.

Si l'on considère la fabrication en sous-traitance comme un indicateur de la force d'un secteur et si l'on examine les segments clés qui composent ce secteur, on constate, comme l'indique le *graphique suivant*, que l'industrie des composants électroniques est fortement influencée par les secteurs de l'informatique et des communications. La section de cette étude portant sur les tendances de la technologie et les débouchés fournit plus de détails sur les besoins de ces deux secteurs de l'industrie.



1.c. Explication des données

Les données utilisées dans cette étude ont été obtenues auprès d'une variété de sources, dont Statistique Canada et certaines des publications du gouvernement canadien, les firmes Dataquest, EPA et ICE, ainsi que de nombreuses autres sources d'information au sein de l'industrie de la technologie de l'information (TI). Puisque les secteurs des semiconducteurs et de la microélectronique sont regroupés entièrement dans la catégorie CTI 3352 et qu'ils représentent environ 70 % de ce secteur, il en découle certaines limites inférentielles au niveau de l'utilisation de ces données pour le secteur des semiconducteurs.

L'examen des données de cette industrie et de l'information commerciale à notre disposition permet de dégager les tendances longitudinales pour 1984-1994 et pour la période 1994-1995 lorsque ces données sont disponibles. Les *deux tables* sur la structure de l'industrie qui suivent regroupent une grande partie des données utilisées pour l'analyse des perspectives de l'industrie des composants électroniques.

Perspectives de l'industrie des composants électroniques

Structure de l'industrie								
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	TCMC ¹
Nombre d'établissements	277	269	262	230	220	208	209	
Revenus totaux	1 360	1 544	1 251	3 085	3 569	3 637	3 985	19,6 %
Expéditions - fabrication	1 256	1 486	1 190	3 021	3 484	3 568	3 910	20,8 %
Valeur ajoutée - fabrication	707,1	870	724	689	741	847	928	
Marché intérieur apparent (Expéditions + Imports-Exports)	2 751	3 243	2 911	3 021	3 484	6 571	11 592	27,1 %
Salaires et traitements totaux	367	406	398	460	418	405	392	
Travailleurs en production en % du nombre total de travailleurs	81,5	86,0	81,8	68,3	66,7	78,5	80,3	
Emplois totaux	15 035	16 489	14 963	16 389	14 681	13 065	13 144	
Remarque : Les montants sont exprimés en millions de dollars.								

Source : Base de données commerciales intégrées de Statistique Canada/Industrie Canada et estimations d'IC

¹TCMC : Taux de croissance moyen composé

Structure de l'industrie, variation en pourcentage						
	1988-89	1989-90	1990-91	1991-92	1992-93	1993-94
Revenus totaux	13,5	-19,0	146,6	15,7	1,9	9,6
Expéditions - fabrication	18,3	-19,9	153,8	15,3	2,4	9,6
Expéditions - fabr. en \$ constants	14,2	-19,5	154,9	14,9	4,1	12,0
Expéditions - fabr. en % de toutes les expéditions du secteur de la fabr.	14,0	-17,3	170,8	13,0	-5,4	-2,9
Marché intérieur apparent (Expéditions + Imports-Exports)	17,9	-10,3	3,8	15,3	88,6	76,4
Emplois totaux	9,7	-9,3	9,5	-10,4	-11,0	0,6
Salaires et traitements totaux	10,9	-2,1	15,7	-9,1	-3,3	-3,2
Indice des prix des produits industriels	3,6	-0,5	-0,4	0,4	-1,7	-2,1

Source : Base de données commerciales intégrées de Statistique Canada/Industrie Canada

2.0 Profil de l'industrie

SECTION 2 - Profil de l'industrie

2.a. Introduction

Statistiques sur le commerce industriel en 1994		
CTI 3352	Exportations can.	Importations
<i>Semiconducteurs</i>	2,0 milliards \$	6,0 milliards \$
<i>Circuits imprimés</i>	0,6 milliard \$	1,0 milliard \$

À partir des statistiques ci-dessus sur les échanges commerciaux dans le secteur des composants électroniques, on constate que cette industrie est fortement dominée par deux sous-secteurs clés : les semiconducteurs et les circuits imprimés, qui représentent 65 % des produits de la catégorie CTI 3352. Nous allons donc examiner en détail le profil de ces deux sous-secteurs ci-dessous.

2.b. Semiconducteurs

Les industries canadiennes de la microélectronique et des circuits intégrés représentaient, ensemble, une production évaluée à 2,0 milliards \$ en 1994-1995. Cela n'équivaut qu'à une petite partie de l'ensemble de l'industrie des semiconducteurs, dont la valeur était évaluée à 154 milliards \$ en 1995. Cette industrie emploie environ 6 000 personnes au Canada.

Il existe environ 50 entreprises au Canada qui oeuvrent dans les secteurs de la conception, de la mise en boîtier et de la fabrication des composants actifs (puces semiconductrices) et des services d'ingénierie connexes. L'éventail des produits de cette industrie comprend les CMOS, les circuits intégrés bipolaires au silicium, les circuits ASIC de même que divers composés semiconducteurs dont les alliages de GaAs, les émetteurs optiques et les dispositifs de détection. Les activités de recherche, de développement, de conception et de fabrication de semiconducteurs sont largement concentrées dans la région d'Ottawa. De façon générale, l'industrie des semiconducteurs investit plus de 10 % du produit de ses ventes dans la R-D et 15 % dans les installations.

Le gros de la production canadienne de semiconducteurs est destinée aux besoins internes de deux géants des télécommunications : Nortel et Mitel. Les activités de Nortel en microélectronique -- une production de plus de 100 millions \$ -- servent à répondre aux besoins internes de la société mère et de ses filiales. En 1993, la production de semiconducteurs de Mitel a atteint le chiffre record de 53 millions \$ en ventes externes, et ses besoins internes ont augmenté de 15 à 20 %.

IBM Canada possède des installations de classe mondiale pour la mise en boîtier des CI, et Gennum Corporation exploite la seule installation de fabrication de dispositifs bipolaires au silicium au Canada. Le reste de l'industrie se compose de 46 entreprises spécialisées de plus petite taille qui

Perspectives de l'industrie des composants électroniques

exploitent leurs propres créneaux de produits. Les 2/3 environ de la valeur de la production canadienne de CI sont destinés à une utilisation interne et 70 % du reste sont exportés.

Du côté des fonderies, le Canada possède trois fabricants de puces semiconductrices. L'usine de Northern Telecom possède des capacités d'intégration à très grande échelle (VLSI), mais celles-ci sont presque entièrement réservées aux besoins internes de l'entreprise. Recherches Bell-Northern exploite une petite usine de production de GaAs pour ses besoins internes. La division des semiconducteurs de Mitel possède une usine de fabrication de dispositifs CMOS qui emploie plus de 250 personnes et fabrique plus de 600 produits différents. Enfin, Gennum Corporation possède la seule installation de fabrication de transistors bipolaires au Canada.

Il existe aussi de nombreux fournisseurs de semiconducteurs qui font fabriquer leurs composants par d'autres, dont Newbridge Microsystems et Genesis Microchip, de même que des firmes spécialisées comme PMC-Sierra, Dalsa et Mosaid, qui ne possèdent pas d'installations de fabrication mais fournissent des composants semiconducteurs.

2.c. Cartes de circuits imprimés

Les entreprises canadiennes couvrent tout le spectre de la fabrication des CI : circuits à une seule couche, à double couche, multicouches, flexibles, à couches minces ou épaisses, et céramiques. Des installations de fabrication de classe mondiale existent dans toutes les régions. Les exportations canadiennes en 1994 s'élevaient à 615 millions \$, tandis que les importations se chiffraient à 926 millions \$. Les États-Unis demeurent notre principal partenaire commercial avec 79 % des importations. La Corée du Sud, Hong Kong, Taïwan, le Japon et l'Allemagne fournissent également le Canada en CI. Nos exportations dans ce secteur sont presque entièrement destinées aux États-Unis (98 %). Les CI à couches minces et épaisses sont produits par cinq multinationales et fournisseurs canadiens. Les CCI sont produites par 40 fournisseurs.

Une évaluation de cette industrie par Industrie Canada révèle que les fabricants canadiens se comparent favorablement à leurs compétiteurs américains mais qu'ils font face à une forte concurrence des entreprises asiatiques. Les coûts plus élevés au Canada sont dus principalement aux salaires plus élevés et à des normes de sécurité et d'environnement plus strictes.

Au Canada, les CCI sont fournies entièrement par des firmes indépendantes qui emploient 3 000 personnes. Ces fournisseurs sont largement captifs de quelques grands fabricants. Souvent, ces firmes captives construisent les premiers prototypes puis les transmettent à des ateliers de production, eux aussi captifs. Dans de nombreux cas, les constructeurs d'équipement d'origine (OEM) réalisent le gros de la recherche initiale puis font affaire avec des ateliers indépendants. Ces ateliers indépendants ont aujourd'hui de la difficulté à soutenir les efforts de R-D requis, maintenant que de nombreux OEM ont cessé de fabriquer leurs propres CCI. Au début des années 80, la moitié des ateliers de CCI étaient captifs et l'autre moitié indépendants.

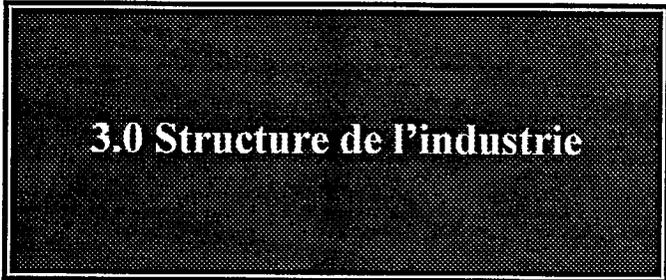
Perspectives de l'industrie des composants électroniques

Avec la réduction de la taille des OEM dans les années 90 et les nouvelles capacités acquises par les fabricants indépendants grâce à l'automatisation et à l'utilisation d'équipement et d'outils de précision, les OEM ont de plus en plus recours aux producteurs indépendants. Dans les années 90, de 65 à 75 % de la production étaient confiés à des ateliers indépendants, le reste étant réalisé par les OEM eux-mêmes. D'ici l'an 2000, plus de 80 % de la production seront confiés à des fournisseurs indépendants. D'autres pays, en particulier ceux d'Asie et de la Ceinture du Pacifique, ont reconnu l'importance de la technologie des substrats pour la fabrication des composants et ont investi dans le développement et le soutien de cette technologie. Conséquemment, la part du marché nord-américain dans cette production a commencé à baisser. Le *tableau qui suit* fournit des statistiques sur la production de 1993 et celle de 1995 ainsi que des estimations pour 1998 pour différents types de cartes de circuits imprimés.

PRODUCTION DE CARTES DE CIRCUITS IMPRIMÉS (CCI)

M S	Papier et composites	Verrre époxy (couches)		Multicouches	Flexibles	Total
		2	Tous			
PRODUCTION DE CCI EN 1993						
Europe	440	1 868	3 210	138	201	3 989
Amér. N.	404	1 635	5 001	290	404	6 099
Japon	1 990	1 347	3 515	476	753	6 734
Asie S.-E.	515	1 183	2 034	101	89	2 739
Autres	676	1 638	2 223	42	57	2 998
Mondé	4 025	7 671	15 983	1 047	1 504	22 559
PRODUCTION DE CCI EN 1995						
Europe O.	476	2 117	3 673	156	226	4 531
Amér. N.	458	1 889	5 858	338	458	7 112
Japon	2 111	1 493	4 006	508	7 456	14 081
Asie S.-E.	749	1 433	2 482	122	115	3 468
Autres	759	2 023	2 699	72	69	3 599
Monde	4 553	8 955	18 718	1 196	8 324	32 791
PRODUCTION DE CCI EN 1998						
Europe O.	544	2 665	4 668	194	282	5 688
Amér. N.	529	2 179	7 024	406	550	8 509
Japon	2 415	1 773	5 062	578	1 062	9 117
Asie S.-E.	868	1 843	3 263	156	161	4 448
Autres	942	2 676	3 616	83	93	4 734
Monde	5 298	11 136	23 633	1 417	2 148	32 496

Source : BPA



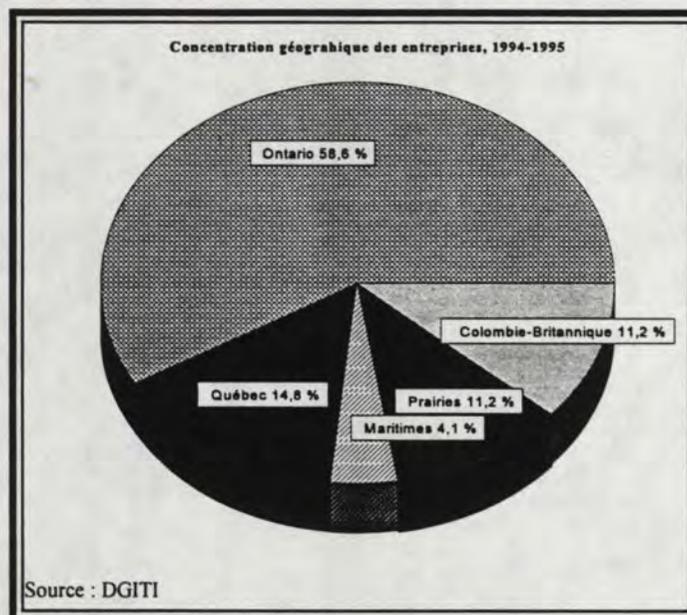
3.0 Structure de l'industrie

SECTION 3 - Structure de l'industrie

3.a. Introduction

L'industrie canadienne des composants électroniques est caractérisée par une forte croissance; elle constitue l'un des moteurs de la nouvelle économie du Canada. Il s'agit d'une industrie axée sur les connaissances et l'exportation, à haute valeur ajoutée et à forte concentration de R-D qui est étroitement liée aux industries des télécommunications, des logiciels, des services informatiques et de l'instrumentation. Avec une production de 4 milliards \$ en 1994, elle vient juste derrière le secteur canadien de l'équipement de télécommunications dont les expéditions totales se chiffraient à 6,8 milliards \$, et les industries des logiciels et des services informatiques dont les revenus s'élevaient à 9,3 milliards \$. Quelque 220 entreprises oeuvrent dans ce secteur, qui est dominé par des géants comme Nortel, IBM, Mitel, Circo Craft et C-MAC. Cette industrie comprend aussi une forte proportion d'entreprises moyennes dont les revenus annuels dépassent les 25 millions \$, telles que Dalsa, Mosaid, J.D. Fitel, PMC-Sierra et Gennum. Toutefois, la majorité des entreprises sont de petite taille et la plupart occupent un créneau spécialisé comme Genesis et Miranda. Un grand nombre d'entre elles, comme Tectrol, ont pu se tailler une part importante du marché américain dans des domaines exigeant des capacités de conception de pointe à coût compétitif. D'autres, comme PMC-Sierra, font appel à des concepts d'avant-garde pour produire des puces pour le marché MTA (mode de transfert asynchrone) et sont en concurrence avec des entreprises mondiales comme Texas Instruments. Il n'existe pas d'entreprise ou d'industrie des composants typiquement canadienne.

3.b. Concentration géographique



Perspectives de l'industrie des composants électroniques

Le secteur des composants électroniques est situé principalement en Ontario et au Québec, avec aussi une forte concentration d'entreprises dans les basses terres du sud de la Colombie-Britannique. En termes d'expéditions manufacturières et de nombre d'employés, la part de l'Ontario est proportionnellement plus grande que celle des autres provinces canadiennes à l'exception du Québec, dont les activités sont surtout concentrées dans l'ouest de l'île de Montréal et dans les Cantons de l'Est. Les parts occupées par les entreprises des Prairies et du Canada atlantique sont petites, comparativement à la production totale canadienne. Des secteurs d'expertise régionaux se sont développés et une forte proportion des entreprises du sous-secteur des semiconducteurs sont situées à proximité des grandes entreprises de fabrication d'équipement de télécommunications, comme à Ottawa, Montréal et Vancouver. Les fabricants de composants passifs sont situés principalement dans le «triangle d'or» entre Windsor et Québec, et la plus grande partie de ceux-ci sont établis dans la région de Toronto. La proximité des utilisateurs finals, particulièrement dans les domaines des communications, de l'informatique, de l'automobile, des gros appareils ménagers et des produits électroniques de consommation, a aussi dicté la forte concentration des fabricants de composants passifs dans la région du sud de l'Ontario.

**4.0 Croissance et performance de
l'industrie canadienne**

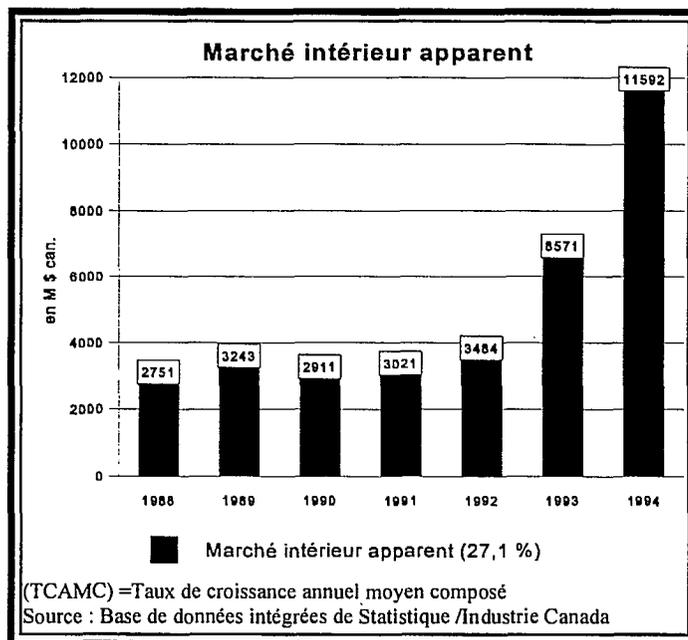
SECTION 4 - Croissance et performance de l'industrie canadienne

4.a. Marché intérieur apparent

La taille du marché intérieur pour les composants électroniques nous donne une mesure de la demande du marché pour les ordinateurs, les instruments, l'équipement médical, l'équipement de télécommunications et les dispositifs électroniques pour l'industrie de l'automobile.

Au cours des 40 dernières années, les produits du secteur des composants électroniques ont évolué : nous sommes passés des tubes électroniques aux transformateurs, aux condensateurs, aux dispositifs actifs et passifs, puis enfin aux dispositifs VLSI intégrés sur des circuits électroniques qui utilisent des géométries de très haute résolution pour les chemins de conduction et des couches minces pour les condensateurs. Presque inconnues il y a à peine 40 ans, les cartes de circuits imprimés ont évolué au point qu'il est difficile aujourd'hui d'imaginer la fabrication de tout produit électronique sans ces cartes. Cette évolution a eu une influence prépondérante sur l'industrie des composants électroniques et, en particulier, sur les procédés de fabrication, dont nous discutons à la section 5 de cette étude.

En 1994, stimulé par la croissance des secteurs des ordinateurs individuels et de l'équipement de télécommunications, comme nous l'avons vu à la section 1.b, le marché intérieur apparent du Canada a connu une croissance de 76 % pour atteindre 11,6 milliards \$, comme l'illustre le *graphique suivant*. Toutefois, seule une faible part de la production de l'industrie des composants électroniques (3,8 %) est absorbée par la demande intérieure.



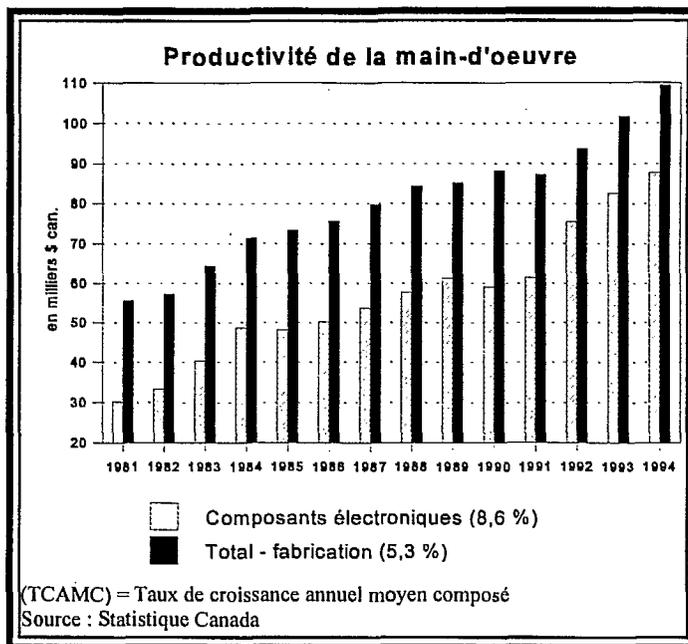
Perspectives de l'industrie des composants électroniques

De 1981 à 1994, le taux de croissance (18,2 %) du marché canadien des composants électroniques a considérablement dépassé la croissance de la production de l'industrie de l'équipement de télécommunications canadienne (8,5 %) mais a suivi la croissance de la production des industries des ordinateurs et des périphériques (18,3 %). Cela confirme la vision de l'industrie de ces secteurs. En effet, une portion croissante de la production de l'industrie de l'équipement de télécommunications repose sur les logiciels, diminuant la part des composants matériels. Cela contraste avec la situation canadienne, où l'industrie des ordinateurs et des périphériques demeure fortement axée sur les composants matériels.

Les expéditions manufacturières ont connu un fort taux de croissance de 18,9 % par année entre 1981 et 1994, comme l'illustre la section 4.b. Le marché intérieur des semiconducteurs et des composants électroniques a connu un taux de croissance annuel moyen composé (TCAMC) de 18,2 % durant la même période. En comparaison, le taux de croissance annuel moyen des expéditions manufacturières a été de 8,5 % pour l'industrie de l'équipement de télécommunications canadienne durant cette même période. Ces deux secteurs, qui sont étroitement reliés, ont dépassé la croissance de la production manufacturière totale (4,8 %) au Canada. On prévoit que la croissance de l'industrie des semiconducteurs demeurera forte : la revue *Semiconductor Quarterly* rapporte une augmentation des revenus projetée de 25 % en 1996.

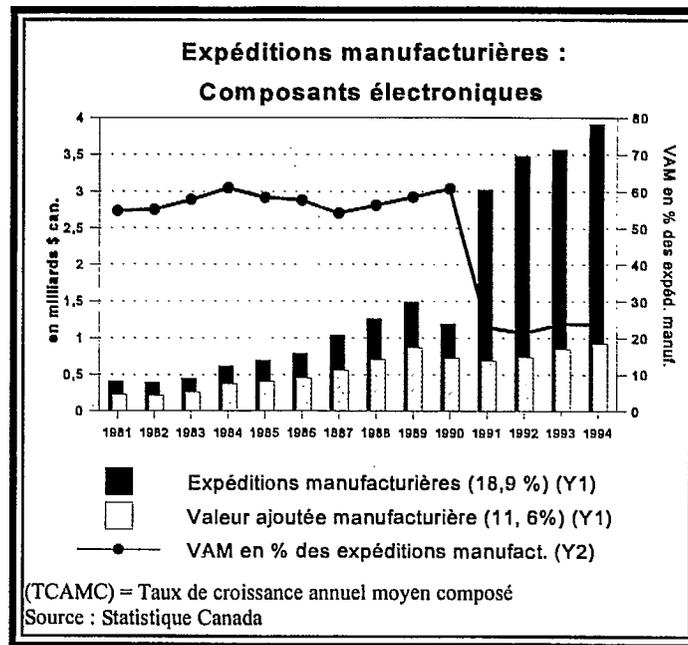
4.b. Production et fabrication

L'électronique représente la plus grande industrie manufacturière dans le monde. Bénéficiant d'un certain nombre de facteurs positifs que nous décrivons plus en détail dans la section sur les tendances et les débouchés de cette étude, cette industrie est bien positionnée pour maintenir ses taux de croissance historiques. Au cours des dix dernières années, la fabrication a été un élément important dans le coût de la production des composants électroniques. Les matériaux et fournitures représentaient 87 % des coûts d'exploitation totaux de cette industrie en 1994, comme l'indique la section 4.d. On reconnaît généralement que le montage des CCI et la conception des circuits ASIC ne sont pas des compétences centrales qui doivent se trouver à l'interne pour de nombreux utilisateurs finals de ces produits. Ce constat a conduit à la croissance d'une industrie dynamique dans le secteur des circuits imprimés, de la fabrication en sous-traitance et de la fourniture de semiconducteurs au Canada et aux États-Unis.



Une analyse de la position concurrentielle du Canada vis-à-vis des États-Unis montre que la productivité de la main-d'oeuvre s'est améliorée de 22 % en 1991, avec des gains encore plus prononcés vis-à-vis de l'Europe. Cela est particulièrement vrai dans le secteur des composants électroniques, où la valeur manufacturière ajoutée par travailleur a connu un TCAMC de 8,6 % durant la période de 1981-1994, dépassant le taux de croissance de la productivité (5,3 %) de l'ensemble du secteur de la fabrication. Le TCAMC de la main-d'oeuvre pour la période 1984-1994 dans le secteur des entreprises de télécommunications et de la radiodiffusion était de 2 %. Le secteur des composants électroniques soutient la comparaison avec un TCAMC de la main-d'oeuvre manufacturière de 2,7 % au cours de la même période. Clairement, l'impact des gros investissements consentis par des entreprises comme IBM, Circo Craft, Mitel, C-MAC et d'autres dans le secteur de la fabrication des composants électroniques a été très déterminant.

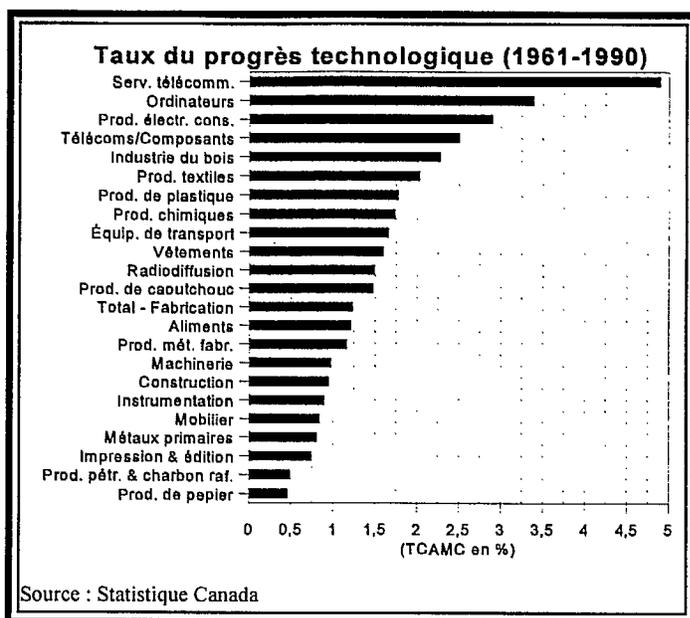
En 1994, 1,1 % du total de la production manufacturière au Canada, soit une valeur de 4 milliards \$, a été engendré par l'industrie des composants électroniques. De 1981 à 1994, le taux de croissance annuel moyen des expéditions manufacturières (18,9 %) du secteur des composants électroniques canadien a largement dépassé la croissance de la production manufacturière totale (4,8 %) du Canada. Cette croissance s'est accentuée légèrement durant la période 1988-1994 pour atteindre un taux annuel moyen de 20,8 % et est demeurée bien au-dessus de la croissance de la production totale du secteur manufacturier canadien (2,7 %).



La fabrication au sein de l'industrie des composants électroniques canadienne est une activité à faible valeur ajoutée. En 1994, environ 24 % des expéditions manufacturières dans ce secteur contenaient une certaine valeur ajoutée, comparativement à 40 % pour l'ensemble du secteur manufacturier au Canada. Le déclin substantiel de la valeur ajoutée au sein des procédés de fabrication de cette industrie au cours des récentes années est attribuable aux progrès technologiques, aux énormes économies d'échelle associées à la production en série et à la compétition accrue dans ce secteur à l'échelle mondiale.

Perspectives de l'industrie des composants électroniques

De 1961 à 1990, les industries canadiennes de l'équipement de télécommunications et des composants électroniques (CTI 335) ont affiché l'un des plus hauts taux de croissance de la productivité globale des facteurs¹ (2,5 %), par rapport aux autres secteurs de l'économie canadienne². Comme l'illustre la *figure ci-dessous*, la croissance de la productivité globale des facteurs de ce secteur se situe bien au-dessus de celle du secteur de la fabrication. Cette croissance extraordinaire de la productivité, associée aux services de télécommunications (CTI 482) et à l'industrie des ordinateurs et des périphériques (CTI 336), est attribuable principalement aux progrès technologiques des industries de l'équipement de télécommunications et des composants électroniques.

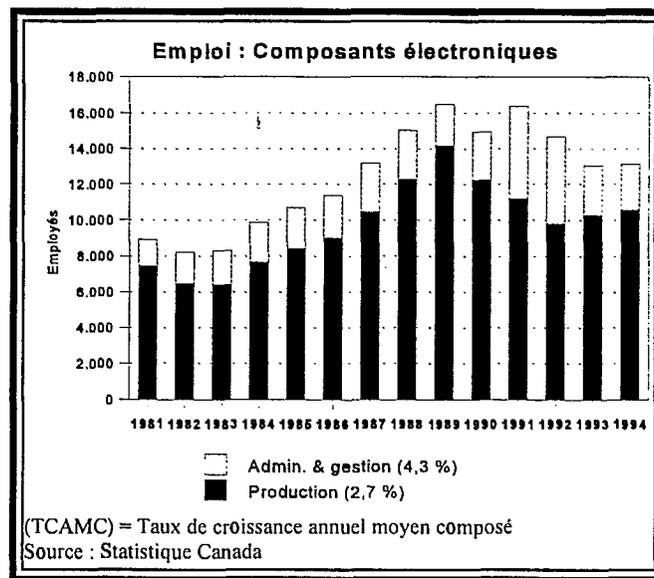


¹«La productivité globale des facteurs est une mesure de la croissance des extrants qui ne peut être expliquée par la croissance des intrants et qui, comme telle, est appelée la mesure du “résidu inexplicé”. Sur le plan conceptuel, ce résidu peut être vu comme une tentative de mesurer le degré de progrès technologique.» [trad.] (T.G. Cowing, J. Small, R.E. Stevenson; *Productivity Measurement in Regulated Industry*; 1981)

²Statistique Canada, Division des entrées-sorties

4.c. Emploi

En 1994, l'industrie canadienne des composants électroniques employait 13 100 personnes, et 80 % de celles-ci étaient engagées dans des activités de fabrication. Les 20 % restants occupaient des fonctions administratives et de gestion. Pendant que l'emploi dans l'ensemble du secteur manufacturier au Canada de 1981 à 1994 chutait au taux annuel moyen de 0,7 %, le nombre total d'emplois dans l'industrie des composants électroniques grimpait de 3 % par année. Durant cette même période, le taux de croissance de l'emploi dans ce secteur a dépassé le taux de croissance de l'emploi total au Canada (1,2 %). Le niveau d'emploi dans cette industrie a atteint un sommet en 1989, s'élevant à 16 500 personnes, pour ensuite baisser considérablement. Cette industrie n'a connu aucun gain significatif depuis.



4.d. Emploi en R-D

En 1993, l'industrie canadienne des composants électroniques employait 613 travailleurs au sein de ses programmes de R-D. La majorité de ces postes (54,8 %) appartenait à la catégorie des emplois professionnels, 31,7 % étaient des postes techniques et 13,5 % des postes administratifs. Au sein de la catégorie des professionnels, 72,9 % de ceux-ci possédaient un baccalauréat, 18,8 % une maîtrise et 8,3 % un doctorat. C'est dans le secteur de la microélectronique que l'on retrouve la majorité des emplois de R-D au Canada.

Perspectives de l'industrie des composants électroniques

Pendant que l'emploi total au sein de l'industrie des composants électroniques augmentait de 3,2 % par année durant la période allant de 1984 à 1993, les emplois de R-D dans ce secteur diminuaient de 3,6 % par année. Les emplois en R-D représentaient annuellement entre 3 et 4 % des emplois totaux dans ce secteur. La tendance durant cette période révèle un accroissement du nombre de professionnels ayant un doctorat mais une baisse dans toutes les autres catégories d'emplois de R-D.

4.e. Performance de R-D

L'industrie canadienne des composants électroniques apporte une contribution très modeste à la R-D. En 1995, 0,8 %³ de la R-D totale effectuée au sein des entreprises au Canada, soit 55 million \$⁴, a été réalisé par le secteur des composants électroniques.

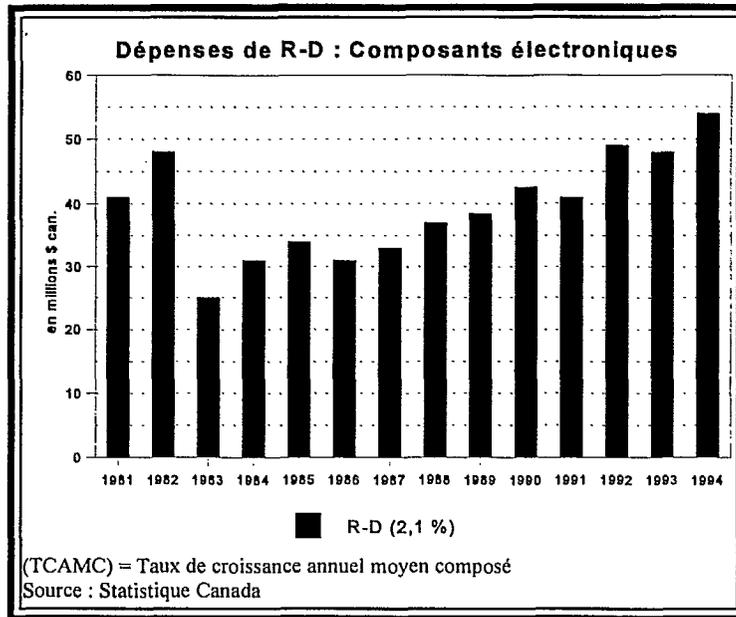
En raison de l'importance de la technologie de pointe dans l'industrie des composants électroniques, ce secteur est de plus en plus axé sur la R-D. En 1993, l'industrie canadienne des composants électroniques a consacré 8,7 % du produit de ses ventes à la R-D, comparativement à 1,9 % pour l'ensemble du secteur de la fabrication au Canada. Toutefois, si l'on compare cela à la part de 13 % des salaires consacrés à la R-D par les fabricants de semiconducteurs aux États-Unis⁵, ce pourcentage demeure relativement bas. Puisque les dépenses de R-D dans ce secteur peuvent entraîner une diminution importante des coûts de production, accroître la capacité des entreprises de mettre au point de nouveaux produits et réduire le temps requis pour amener ces produits sur le marché, il est essentiel que les entreprises de ce secteur investissent davantage dans la R-D si elles veulent demeurer concurrentielles.

Les dépenses de R-D de l'industrie canadienne des composants électroniques de 1981 à 1995 ont augmenté au rythme de 2,1 % par année, comparativement à 8,9 % pour la R-D effectuée par l'ensemble des entreprises commerciales au Canada. De plus, durant la période 1981-1994, le taux de croissance annuel moyen de la production (18,9 %) a dépassé largement la croissance des dépenses de R-D (2,1 %) dans ce secteur. Bien que cette croissance se soit accélérée de 1988 à 1994 pour atteindre un taux annuel moyen de 6,5 %, elle demeure considérablement en-deçà du taux de croissance de la production (20,8 %).

³Statistique Canada, n° de catalogue 88-202

⁴*Ibid.* 1

⁵*Industry & Trade Summary: Semiconductors*; Commission du commerce international, É.-U., publication n° 2708, p. 8



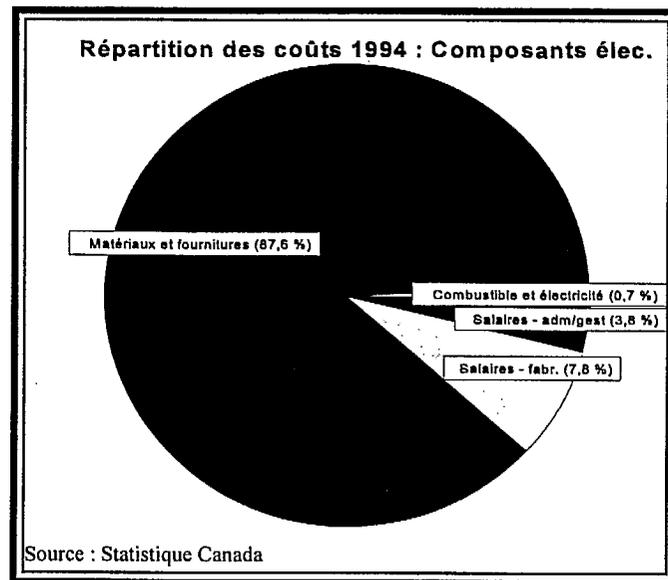
L'industrie canadienne des composants électroniques n'a dépensé que 55 millions \$ pour la R-D, ce qui peut sembler modeste si on les compare aux dépenses de R-D de l'industrie de l'équipement de télécommunications, qui est le plus gros secteur de R-D au Canada. Les principales entreprises qui contribuent à la R-D dans ce secteur, comme Nortel, Mitel et IBM, qui ont toutes des activités de R-D internes d'envergure, consacrent leurs fonds de R-D à des projets liés aux télécoms et à l'informatique. Certaines entreprises de composants électroniques, comme PMC-Sierra et d'autres fournisseurs de semiconducteurs ne possédant pas d'installations de fabrication, se spécialisent dans la conception d'interfaces de communications et ont des dépenses de R-D qui gravitent autour de 20 %, ce qui se compare au niveau de dépenses de R-D des entreprises de télécommunications.

La majorité des firmes de ce secteur ne sont pas aussi sensibilisées à l'importance de la R-D que leurs homologues des secteurs des télécommunications et de l'informatique. Une grande proportion de projets de R-D en microélectronique sont coordonnés par des organismes comme Micronet, CMC, le CNRC, etc., dont le mandat est de mobiliser des chercheurs du milieu universitaire, de l'industrie et des laboratoires gouvernementaux pour réaliser des projets ayant des objectifs spécifiques.

Les entreprises nord-américaines dépensent considérablement moins pour la R-D que dans le passé. Dataquest croit que cette tendance découle d'un changement dans la stratégie de fabrication des entreprises et de la croissance du secteur des entreprises ne possédant pas d'installations de fabrication («*fabless companies*» en anglais). Une grande partie de ces entreprises concentrent leurs ressources de R-D dans des domaines de compétence de base. Cette approche est plus efficace et entraîne des dépenses de R-D moindres par rapport aux grandes entreprises de fabrication intégrées.

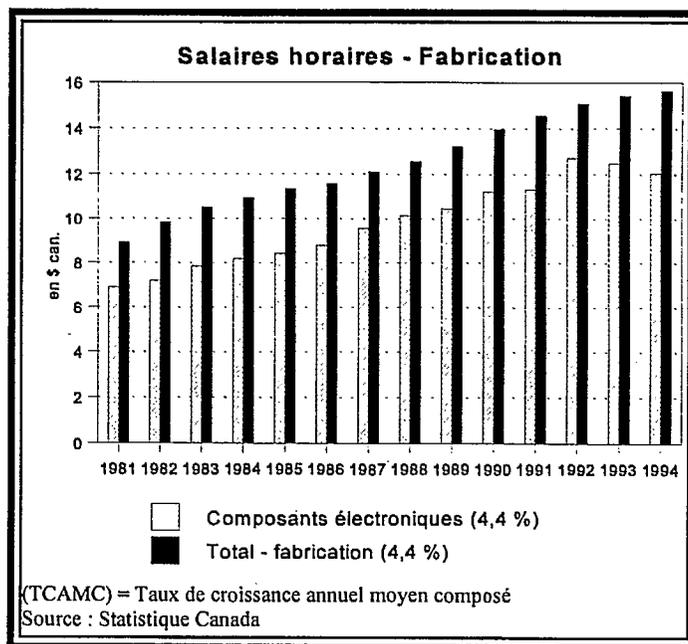
4.f. Coûts, salaires et traitements

En 1994, les coûts totaux de l'industrie des composants électroniques au Canada représentaient 84,5 % de leur production totale. La majorité de ceux-ci (87,6 %) sont imputables aux coûts des matériaux et des fournitures utilisés. Le reste est constitué par les salaires pour la fabrication (7,8 %), les salaires pour l'administration et la gestion (3,8 %) et le combustible et l'électricité (0,7 %).



En 1994, les salaires versés pour la fabrication au sein de l'industrie canadienne des composants électroniques représentaient 28,3 % de la valeur ajoutée de la production de cette industrie. De même, les salaires totaux s'élevaient à 41,1 % de la valeur totale ajoutée. Ces chiffres sont comparables aux coûts de la main-d'oeuvre de l'ensemble du secteur de la fabrication au Canada.

De 1981 à 1994, le salaire horaire moyen d'un travailleur au sein de l'industrie canadienne des composants électroniques était, de façon générale, plus bas que dans l'ensemble du secteur de la fabrication. En 1994, le salaire horaire moyen des employés affectés à la production au sein de l'industrie des composants électroniques était inférieur de 22,9 % au salaire horaire dans l'industrie de la fabrication en général. De 1981 à 1994, le salaire horaire moyen dans ce secteur a connu une croissance annuelle de 4,4 %, ce qui est comparable à l'augmentation du salaire horaire dans l'ensemble du secteur de la fabrication, mais est considérablement moins que le taux de croissance de la productivité de la main-d'oeuvre (8,6 %). Cette différence peut parfois être compensée par des avantages non salariaux, comme des options d'achat d'actions et des primes salariales.



**5.0 Commerce et marchés
internationaux**

SECTION 5 - Commerce et marchés internationaux

5.a. Introduction

Durant la période de 1981 à 1994, pendant que les exportations de composants électroniques augmentaient de 15 % annuellement, les importations s'accroissaient au taux de 17 % par année. Avec un déficit commercial de près de 8 milliards \$ en 1994 et des importations totales dans le secteur de la TI d'environ 33 milliards \$, ce secteur a largement contribué au déficit commercial global dans le secteur de la haute technologie. Par ailleurs, les composants électroniques et les logiciels sont les technologies de base du secteur de la TI et, qui plus est, leur utilisation a un impact sur la capacité de croissance du secteur tout entier de la TI. Essentiellement, la fonctionnalité et la valeur du produit pour l'utilisateur final résident dans l'apport des semiconducteurs et des logiciels. On pourrait avancer que la balance commerciale négative dans ce secteur a un impact positif sur d'autres secteurs de la TI qui ont besoin de ces composants pour fabriquer et commercialiser leurs produits de pointe.

Les États-Unis sont le principal marché d'exportation des entreprises du secteur des composants électroniques. Avec des volumes d'exportation de près de 4 milliards \$ en 1994, la part de ce secteur représente 25 % du total des exportations de TI. L'impact direct du marché américain sur le commerce mondial du Canada pour les produits de la catégorie CTI 3352 a été démontré par le ralentissement de l'économie américaine durant la récession de 1991-1992, qui a eu un effet d'entraînement direct sur notre industrie des semiconducteurs. La machinerie était sous-utilisée et la productivité de la main-d'oeuvre a connu une baisse durant cette période. La reprise aux États-Unis, qui s'est amorcée en 1993, n'a pas fléchi depuis. Le commerce canadien a connu une croissance spectaculaire durant cette période.

Pour les entreprises de ce secteur, l'établissement d'une présence commerciale aux États-Unis est une nécessité. Les États-Unis représentent le principal marché de ce secteur, avec un taux de pénétration des exportations de plus de 90 %. Le modèle dominant d'expansion sur le marché américain passe par l'établissement d'un réseau solide de distributeurs ou de bureaux de vente régionaux. Des compagnies comme Tectrol utilisent des distributeurs locaux, tandis que d'autres firmes comme Mitel ont recours à des bureaux de vente régionaux. D'autres entreprises florissantes, comme PMC-Sierra, ont formé des alliances avec de grandes entreprises américaines comme Sun Microsystems. La «Silicon Valley» continue d'être l'épicentre de l'industrie de la TI aux États-Unis et une présence dans cette région rapporte des dividendes non négligeables pour les entreprises canadiennes.

Les fournisseurs canadiens de composants électroniques et de semiconducteurs ont bénéficié énormément du mouvement de l'industrie vers la fabrication en sous-traitance. L'Accord de libre-échange nord-américain (ALÉNA) a stimulé l'intégration du secteur de la fabrication de l'équipement de TI en Amérique du Nord. Les résultats sont devenus encore plus évidents après

Perspectives de l'industrie des composants électroniques

l'entrée en vigueur de l'ALÉ en 1989.

Le Canada utilise aujourd'hui pour environ 6 milliards \$ de semiconducteurs et produit moins de 10 % de ce qu'il utilise. La plupart des CI utilisés au Canada sont importés; les importations de puces à mémoire vive dynamique (DRAM) à elles seules se sont montées à 2,3 milliards \$ en 1995. Selon Dataquest, le marché total des semiconducteurs est passé de 100 milliards \$ US en 1994 à 154 milliards \$ US en 1995. De même, le marché des puces DRAM est passé de 33 milliards \$ US en 1994 à 55 milliards \$ US en 1995. Les importations canadiennes de puces DRAM ont connu une croissance similaire de 1993 à 1995.

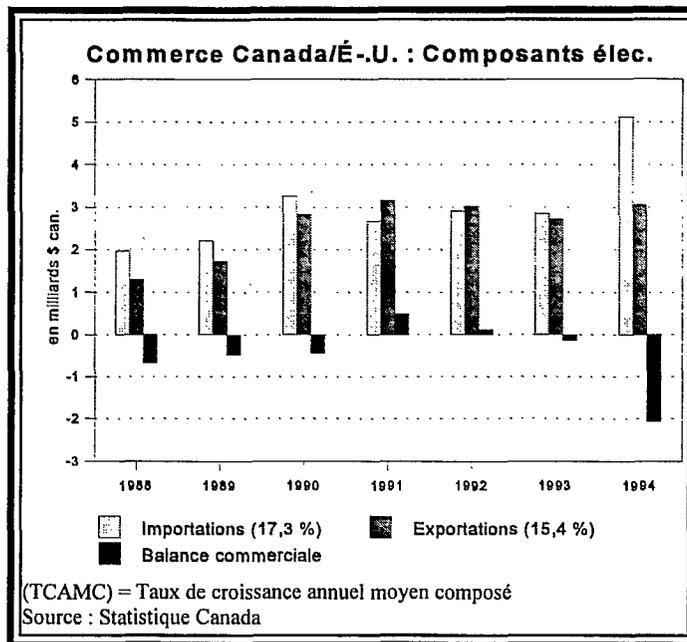
Les importations canadiennes dans le reste du monde augmentent à un rythme encore plus rapide qu'aux États-Unis. Cette tendance suggère que les pays d'Extrême-Orient sont en train de dépasser les États-Unis dans certains secteurs liés aux composants.

5.b. Performance commerciale

De 1981 à 1994, les exportations canadiennes dans le secteur des composants électroniques (CTI 3352) se sont élevées à 15,3 %, dépassant les importations (8,9 %), et se sont maintenues au-dessus du taux de croissance annuel des exportations totales du Canada (6,5 %). Cette tendance s'est depuis renversée et, durant la période de 1988-1994, les importations canadiennes dans le secteur des composants électroniques (23,9 %) ont dépassé les exportations (13,9 %), ce qui a conduit à un déficit commercial important de 7,7 milliards \$. Durant cette même période, alors que le commerce du Canada dans le secteur des composants électroniques a continué à croître à un taux relativement plus élevé que le niveau total des exportations (8,5 %) et des importations (7,5 %) du Canada, la production manufacturière (20,8 %) dans ce secteur a dépassé les exportations (13,9 %). Une analyse plus détaillée des récentes tendances du commerce canadien révèle un déficit commercial croissant dans le secteur des semiconducteurs, et un déficit commercial plus modeste dans le secteur des circuits imprimés.

Les États-Unis forment le plus gros marché du monde et aussi l'un des plus ouverts. La proximité du Canada, l'existence de normes communes et les liens qui unissent les États-Unis et le Canada expliquent sans doute la capacité du Canada de pénétrer cet énorme marché. En 1994, 88 % des exportations totales canadiennes dans le secteur des composants électroniques ont été réalisées aux États-Unis⁶. Les secteurs des circuits imprimés (20 %) et des semiconducteurs (72 %) combinés représentent 92 % des exportations totales du Canada vers les États-Unis. De 1988 à 1994, les exportations canadiennes dans le secteur des semiconducteurs ont augmenté beaucoup plus rapidement que les importations. Malgré cela, en 1994, le Canada a connu un déficit commercial important vis-à-vis des États-Unis dans ce secteur, comme l'illustre le *graphique qui suit*.

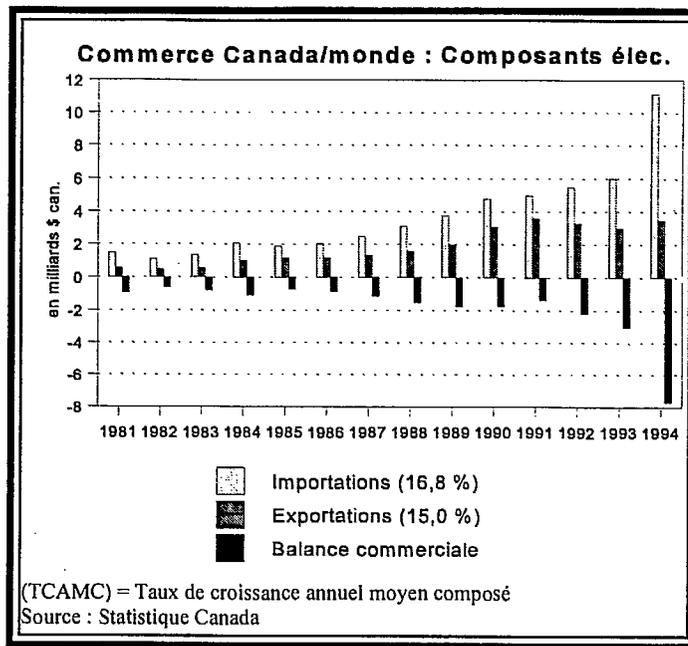
⁶Source : Statistique Canada (TIERS)



Une analyse détaillée du marché d'importation américain dans le secteur des semiconducteurs de 1991 à 1994 indique que la performance des exportations canadiennes est en perte de vitesse. La part canadienne du marché d'importation des États-Unis est passée de 11 % en 1991 à seulement 5 % en 1994, alors même que le marché d'importation global des États-Unis pour les semiconducteurs augmentait de 26 % par année. La valeur des exportations canadiennes a aussi diminué au taux de 2 % par année. Par conséquent, le classement général du Canada sur le marché d'importation américain est passé de la quatrième à la septième place.

L'analyse du marché d'importation américain dans le secteur des circuits imprimés de 1991 à 1994 indique que le Canada n'est pas très compétitif dans ce domaine non plus. Bien qu'il demeure généralement premier sur le marché d'importation américain, le Canada a connu une baisse considérable de ses exportations vers les États-Unis. Durant cette période, la part canadienne du marché d'importation américain a baissé au taux de 25 % par année, comparativement à une baisse générale de 8 % par année pour l'ensemble du marché d'importation américain. Cela a eu pour résultat une baisse importante de la part du Canada, qui est passée de 53 % en 1991 à 29 % en 1994.

Perspectives de l'industrie des composants électroniques

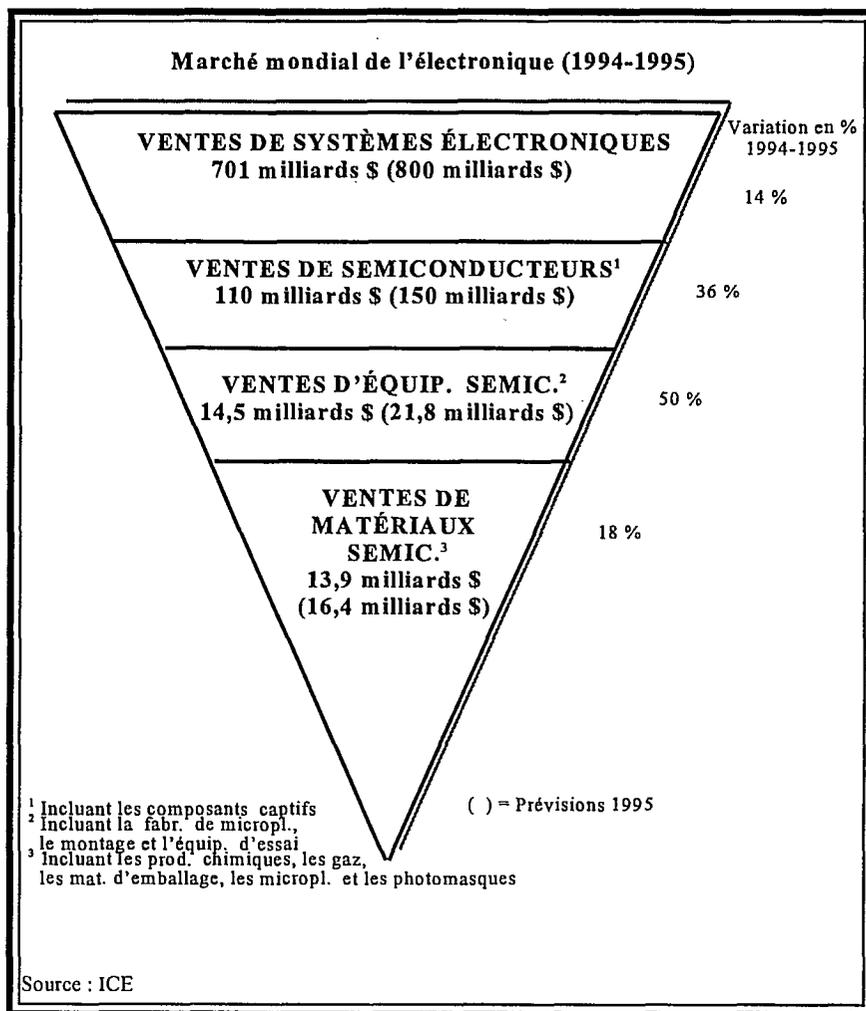


6.0 Tendances et débouchés

SECTION 6 - Tendances et débouchés

6.a. Introduction

Du côté des *composants actifs*, les semiconducteurs jouent un rôle de plus en plus grand dans les systèmes électroniques. Il y a dix ans, ils comptaient pour environ 10 %; aujourd'hui, ils atteignent 16 %. D'ici l'an 2000, ils pourraient grimper à 20 %. Le taux de croissance annuel moyen composé (TCAMC) de 16 % des semiconducteurs équivaut au double de celui des systèmes électroniques.



Perspectives de l'industrie des composants électroniques

Selon la publication *Electronic News*, dans le secteur des *composants passifs*, l'industrie devrait connaître de bonnes affaires en 1996. On s'accorde toutefois à dire que le taux de croissance sera légèrement inférieur à celui de 1995 (12 %). Les perspectives générales pour le secteur de l'électronique sont très bonnes et les composants passifs sont au coeur même de la résurgence de l'investissement en capital. En 1996, on prédit une croissance de 6 % seulement car le marché du cellulaire est à la baisse. Les connecteurs à fibres optiques continueront à former la catégorie de produits qui connaît la plus forte croissance, avec un taux de croissance estimé à 16 % en 1996. Les connecteurs des cartes de circuits imprimés sont une autre catégorie de produits qui atteindra un taux de croissance de plus de 15 % en 1996.

6.b. Tendances de la technologie et débouchés dans le secteur des semiconducteurs

L'industrie des semiconducteurs est l'un des secteurs industriels les plus compétitifs dans le monde. Les entreprises recherchent constamment des moyens de réduire leurs coûts et d'étendre leurs marchés. Les progrès technologiques, comme la miniaturisation croissante et le recours à des tensions de courant de plus en plus faibles, pourraient ouvrir de nouveaux marchés et révolutionner les marchés existants. En améliorant le rendement et en accroissant la taille des puces semiconductrices, on pourrait aussi réduire les coûts. Cette section examine les principales tendances au niveau des procédés de fabrication et de la technologie des semiconducteurs.

Les moteurs de la demande dans le secteur des semiconducteurs dans les années 90

- Le marché des ordinateurs personnels (OP) a poursuivi sa croissance pour atteindre 65 millions d'unités en 1995. Comme nous l'indiquions dans la section 1.b, le secteur clé de l'industrie qui influe sur la demande de semiconducteurs est celui des ordinateurs, qui a engendré des ventes de plus de 90 milliards \$ US en 1995.
- Le rapport prix/performance des ordinateurs personnels double chaque année et ce phénomène est responsable du taux de croissance de ces appareils qui a grimpé à plus de 10 % et pourrait se traduire par des ventes annuelles de 3,7 milliards \$ US en 1998.
- On estime que les ordinateurs personnels comporteront en moyenne 16 Mo de mémoire par système en 1995 et de 20 à 24 Mo en 1996.
- On prédit que le nombre de téléphones sans fil installés dans le monde augmentera de 50 millions d'unités à 150 millions d'unités d'ici l'an 2000.
- La teneur en semiconducteurs d'une automobile devrait doubler d'ici quelques années. Les automobiles haut de gamme utilisent déjà des semiconducteurs pour une valeur de 800 à 1 000 \$ et jusqu'à 50 circuits intégrés.

Perspectives de l'industrie des composants électroniques

- On prédit que le marché mondial des semiconducteurs passera de 150 milliards \$ en 1995 à 350 milliards \$ d'ici l'an 2000. Le marché mondial des biens d'équipement utilisant des semiconducteurs passera de 20 milliards \$ en 1995 à plus de 40 milliards \$ d'ici l'an 2000.

Tendances de la technologie dans les années 90

- En 1995, les plus petits semiconducteurs étaient de l'ordre de moins d'un micromètre; on a produit des semiconducteurs de 0,35 micromètre en 1995 et on développe déjà en laboratoire des semiconducteurs de 0,25 micromètre.
- Les coûts de fabrication de ces dispositifs de pointe dépassent déjà 1,2 milliard \$ et on estime qu'ils doubleront d'ici 10 ans.
- De nos jours, une usine de fabrication de semiconducteurs de pointe produit 40 000 microplaquettes de 8 pouces par mois comportant des semiconducteurs de 0,35 micromètre et pourrait produire des semiconducteurs de 0,25 micromètre d'ici deux ans.
- Chaque pièce d'équipement utilisée pour la fabrication des puces semiconductrices coûte de 1 million \$ à 5-6 millions \$ et doit être remplacée tous les cinq ans.

La miniaturisation croissante des semiconducteurs a apporté des changements énormes dans ce secteur, au-delà d'une simple réduction des coûts ou d'une augmentation du nombre de transistors. Les puces semiconductrices peuvent désormais être implantées dans des endroits où cela n'était pas possible auparavant. Toutefois, ce ne sont pas tous les produits qui exigent de si petits gabarits et cela est particulièrement vrai dans les secteurs de l'équipement industriel et militaire.

- Les puces CMOS demeurent la technologie de fabrication la plus populaire en 1995. Les puces BiCMOS, qui combinent les puces CMOS et les transistors bipolaires, sont aussi en grande demande. Cette technologie représente le secteur le plus dynamique du *cycle de vie de la technologie des procédés*, comme nous l'avons vu à la section 1.b.
- On estimait le marché américain des circuits intégrés GaAs à 338 millions \$ en 1993 et on prédit qu'il atteindra 445 millions \$ en 1995, 600 millions \$ en 1996 et 882 millions \$ en 1997. Le marché des communications mobiles croît à pas de géant et l'arséniure de gallium occupe un créneau de choix sur ce marché.
- De 1997 à l'an 2000, la croissance globale de l'industrie des semiconducteurs devrait atteindre 20 % par année. Si cette industrie se comporte selon les prévisions des observateurs du marché, tout indique que la demande pour la production de semiconducteurs, sur le marché ouvert ou par voie de contrats privés, suivra la progression de cette industrie.

Débouchés

La Semiconductor Industry Association (SIA) des États-Unis prédit que la croissance de cette industrie atteindra un taux de 26 % en 1996, pour se chiffrer à 185 milliards \$ US. Selon les statistiques sur le commerce mondial des semiconducteurs, la production de cette industrie devrait connaître un taux de croissance de 44 % pour s'établir à 146 milliards \$ US. Les puces à mémoire montrent déjà la voie, avec un taux de croissance projeté de 40 %. La performance exemplaire des fournisseurs de la région Asie-Pacifique indiquent qu'ils ont accru leur part du marché mondial de 9 % en 1994 à 12 % en 1995. Les États-Unis et le Japon s'accaparent chacun environ 40 % de ce marché, et Intel et NEC sont les phares respectifs de ces deux pays. À 60 milliards \$ US⁷, le segment nord-américain de ce marché demeure le plus important dans le monde.

L'avenir s'annonce très prometteur pour cette industrie, avec des prévisions de ventes de 855 milliards \$ pour l'équipement électronique en 1996. En examinant les statistiques sur la production en sous-traitance par secteur de l'industrie en 1994, tel que nous l'avons vu à la section 1.b, les segments les plus dynamiques de l'industrie sont : les ordinateurs et les périphériques, les communications, les produits électroniques de consommation, l'équipement industriel et l'instrumentation, et les produits électroniques destinés au secteur de l'automobile.

Les rapports sur les tendances du marché dans le secteur très important des télécoms et des communications indiquent que les marchés les plus dynamiques seront les sous-secteurs des communications mobiles et sans fil, les puces RAM audio, les dispositifs pour les applications radio mobiles spécialisées (RMS) et l'équipement de commutation.

Selon *Electronic Packaging and Production*, le gros de la croissance du marché de l'électronique automobile devrait se faire dans la région de l'Asie-Pacifique. Un autre secteur du marché des semiconducteurs en forte croissance au niveau des utilisateurs finals est celui des produits multimédias.

⁷Selon la Semiconductor Industry Association (SIA)

6.c. Tendances de la technologie et débouchés dans le secteur des circuits imprimés

Selon IBM, la technologie de la mise en boîtier commence à prendre son essor et les gens sont de plus en plus attirés par la technologie des céramiques et la possibilité d'accroître les capacités d'E-S des semiconducteurs. Les boîtiers multipuces sont de plus en plus populaires. Selon l'Electronic Industry Association, le développement de la technologie de l'intégration électronique et de l'infrastructure industrielle pour répondre aux besoins futurs nécessiteront la collaboration étroite de l'industrie, des universités et du gouvernement. Les composants, les dispositifs et le soutien de ces produits ont atteint un degré de complexité, de performance, de fiabilité et de compétitivité qui exige une coopération de plus en plus grande de la part des utilisateurs et des fournisseurs.

Le rapport intitulé «*Advanced Manufacturing Technology Initiative - U.S. Electronic Industry Priorities*»⁸ affirme que les circuits intégrés et les boîtiers multipuces viennent au deuxième rang, après les circuits intégrés, au sein de l'industrie de l'électronique aux États-Unis. Cela est vrai également au Canada où les fabricants font face à des problèmes et à des débouchés similaires. Une infrastructure pour la fabrication de substrats existe déjà au Canada; toutefois cette capacité subit de nombreuses pressions. Avec la projection voulant que, d'ici l'an 2000, plus de 80 % des substrats seront produits par des fabricants indépendants, il est crucial que ce secteur demeure une source fiable de composants pour les OEM et les entreprises de montage en sous-traitance de composants.

Dans le passé, les fabricants de circuits imprimés et, plus particulièrement, de cartes de circuits imprimés, faisaient affaire à une clientèle extrêmement diversifiée et devaient par conséquent être très polyvalents. Aujourd'hui, ils doivent se spécialiser et optimiser leurs capacités de production dans deux ou trois secteurs de production. Il leur est de plus en plus nécessaire de recourir à l'automatisation pour offrir des produits à des coûts concurrentiels.

Un problème majeur auquel sont confrontés les fabricants indépendants de cartes de circuits imprimés est la perte des activités de R-D autrefois réalisées par les gros OEM dans leurs propres installations de fabrication. Pour relever le défi de réduire les coûts tout en améliorant la densité des interconnexions, ils devront mettre au point de nouveaux matériaux pour les substrats et améliorer leur équipement et leurs procédés de fabrication. Ils devront trouver une façon de relancer la recherche qui était autrefois exécutée par ces installations captives. Des tentatives ont été faites par des entreprises indépendantes pour former des consortiums et des associations afin d'effectuer une partie du développement technologique requis, mais le manque de ressources a grandement ralenti l'impact de ces efforts sur le développement de nouveaux matériaux et procédés. Les efforts des universités, des collèges et des gouvernements pourraient sûrement aider dans ce domaine.

⁸publié par l'American Electronic Industry Association

Perspectives de l'industrie des composants électroniques

Les autres préoccupations majeures dans ce secteur sont les suivantes :

- Techniques améliorés de formation des trous d'interconnexion
- Développement de la technologie des conducteurs à géométrie fine et des couches minces
- Développement de procédés et matériaux sans danger pour l'environnement
- Outils et interfaces améliorés d'IAO, de CAO, de CFO et de PAO

Les besoins technologiques sont très différents selon la complexité du produit, son application, son traitement, la largeur et l'espacement des circuits et la taille des trous d'interconnexions requis. Le *tableau suivant* indique certains paramètres critiques et comment ceux-ci évolueront avec le temps.

Produit	Aujourd'hui				3-5 ans				5-15 ans			
	Ligne/ espac. mils	Épais. mils/ # couches	T min/ max °C	Diam trous mils	Ligne/ espac. mils	Épais. mils/ # couches	T min/ max °C	Diam trous mils	Ligne/ espac. mils	Épais. mils/ # couches	T min/ max °C	Diam trous mils
Télécomm.	8/8	62/6	-40/85	18	6/6	48/8	-40/85	14	1/2	24/12	-40/85	2
Ordinat. haute perf.	4/4	62/8	15/60	14	2/2	62/10	15/60	10	1/2	62/12	15/60	2
Consomm.	10/10	48/1	0/60	24	8/8	48/2	0/60	18	3/5	24/4	0/60	10
Automob.	10/10	48/2	-55/95	18	8/8	48/4	-55/125	18	3/5	24/6	-55/125	10
Mil/Aéron.	8/8	62/8	-55/95	18	6/6	48/10	-55/95	14	3/5	24/12	-55/95	10

Source : EIA

Définitions des termes utilisés dans le tableau

- (1) 3-5 et 5-15 ans - Couvre les caractéristiques qui sont de pratique courante pour la période spécifiée et pour les produits de cette catégorie.
- (2) Ligne/espac. mils - Largeur et espacement typiques des lignes des conducteurs en millièmes de pouce (0,001 po).
- (3) Épais. mils/# couches - Épaisseur typique des lignes des conducteurs en millièmes de pouce (0,001 po) et nombre de couches de conducteurs.
- (4) T min/max °C - Températures minimum et maximum requises pour le dépôt des conducteurs selon l'application du produit, en degrés Celsius.
- (5) Diam trous mils - Diamètre minimum des trous d'interconnexion requis selon l'application du produits, en millièmes de pouce (0,001 po).

Perspectives de l'industrie des composants électroniques

Au cours des prochaines années, les fabricants de circuits imprimés continueront à concentrer leurs efforts sur la réduction des coûts de production. La miniaturisation et l'utilisation de produits d'interconnexion moins exotiques amèneront les fabricants à utiliser un moins grand nombre de couches, des substrats plus minces et des matériaux moins coûteux. On portera aussi plus d'attention aux facteurs thermiques dans la production de ces produits. Les leitmotiv de l'industrie de l'électronique seront «plus petit», «plus mince», «plus léger» et «plus économique» et ceux-ci continueront à avoir un effet profond sur les matériaux utilisés comme substrats.

Le marché des ordinateurs et des périphériques est le principal débouché des produits CCI au Canada. Le marché des communications vient en deuxième pour les applications. Le principal facteur externe responsable de la croissance des ventes de CCI sont l'expansion phénoménale des marchés des ordinateurs et des communications. L'utilisation croissante des composants électroniques et des microprocesseurs dans les automobiles aura aussi un impact positif sur le marché des CI.

GLOSSAIRE

ASIC - Circuit intégré à application spécifique (en anglais : *Application-Specific Integrated Circuit*). Les éléments du produit sont sélectionnés à partir d'une bibliothèque de cellules précaractérisées.

ASSP - Produit standard à application spécifique (en anglais : *Application-Specific Standard Product*)

BiCMOS - Une technologie de fabrication qui combine les transistors bipolaires et les puces CMOS. En 1995, ce procédé a été l'une des technologies les plus populaires car elle combine les meilleurs éléments de deux technologies des procédés opposées.

Bipolaire - Une technologie des procédés utilisée pour la fabrication des semiconducteurs qui combine également des transistors de type P et de type N. Les transistors de type PNP et NPN sont très populaires.

CCD - Dispositif de couplage par charge (en anglais : *Charged Coupled Device*).

CI - Circuit intégré - Ce type de semiconducteurs utilise des conducteurs composés de lignes très fines.

CI personnalisé - Circuit intégré monolithique qui est conçu sur mesure et personnalisé sur toutes les couches du masque et destiné à un client particulier.

CMOS - Semiconducteur à oxyde de métal complémentaire (en anglais : *Complementary Metal Oxide Semiconductor*). Cette technologie des procédés est très populaire et combine des transistors MOS de type N et de type P.

Entreprise sans installations de fabrication - Désigne une entreprise qui ne possède pas d'installations pour la fabrication à l'interne des microplaquettes de semiconducteurs. Ces entreprises font appel à des fonderies, à des fabricants de circuits prédiffusés ou d'ASIC pour la fabrication de leurs produits.

Fonderie - Une fonderie est une entreprise qui fabrique des semiconducteurs pour le compte d'autres entreprises.

GaAs - Arséniure de gallium. Ce matériau sert de substrat pour la fabrication de dispositifs semiconducteurs. Les dispositifs fabriqués à partir de GaAs peuvent tourner à des vitesses plus grandes que ceux qui utilisent le silicium.

LSI - Intégration à grande échelle (en anglais : *Large Scale Integration*). Cette technologie est utilisée pour la fabrication des dispositifs microélectroniques.

M - Abréviation de «méga».

MCM - Boîtier multipuce (en anglais : *Multichip Module*).

MTA - Mode de transfert asynchrone.

NPN - Transistor à jonction Négative-Positive-Négative.

OP - Ordinateur personnel.

PNP - Transistor à jonction Positive-Négative-Positive.

Perspectives de l'industrie des composants électroniques

R-D - Recherche et développement.

RF - Radio-fréquence.

RMS - Radio mobile spécialisée.

SCP - Services de communications personnelles.

SiGe - Silicium-germanium.

Silicium - Le matériau le plus populaire et le moins coûteux utilisé comme substrat pour la fabrication des semi-conducteurs.

TI - Technologie de l'information

VLSI - Intégration à très grande échelle (en anglais : *Very Large Scale Integration*).

