



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org



17345

Distr.
LIMITEE
ID/WG.478/2(SPEC.)
5 septembre 1988
ORIGINAL: FRANCAIS

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Réunion préparatoire mondiale pour la
première Consultation sur l'industrie électronique
Grenoble, France, 28 novembre - 2 décembre 1988

ETUDE GLOBALE SUR L'ELECTRONIQUE MONDIALE*

par

Marc Humbert**

* Les opinions exprimées dans le présent document sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du Secrétariat de l'ONUDI. Traduction d'un document n'ayant fait l'objet d'aucune au point rédactionnelle.

** GERDIC - Université de Rennes I, 7 place Hoche, 35000 Rennes (France)

AVANT-PROPOS

Cette étude a pour objet de présenter et d'analyser l'industrie électronique mondiale et ses perspectives d'évolution. Cette industrie se compose, selon les classifications habituelles, de l'électronique industrielle avec en particulier l'informatique et les télécommunications, matériels et logiciels, des composants électroniques et des industries dites de la mesure et de la régulation. On y rattache également l'électronique Grand Public, l'électronique médicale et tout ce qui concourt directement à former le "complex" électronique. Le caractère global de l'étude ne permettra cependant pas d'offrir un traitement détaillé de chacun des très nombreux sous-domaines concernés.

L'étude doit apprécier l'impact de cette industrie électronique sur l'ensemble des activités économiques et, afin d'atteindre son objectif, qui est d'éclairer le choix d'actions visant à promouvoir la production électronique dans les Tiers-Nations, s'efforcera de préciser à la fois quelles sont, à l'heure actuelle, les performances absolues et relatives, les stratégies, tant des grands pays industrialisés que des principales firmes mondiales, et quelles sont les caractéristiques et les tendances des principaux marchés mondiaux des produits et des services.

ÉTUDE GLOBALE SUR L'ÉLECTRONIQUE MONDIALE

SOMMAIRE GENERAL

- Chap. I - Présentation de l'évolution technico-industrielle mondiale**
- Chap. II - Impact de l'âge de l'électronique sur l'ensemble des activités économiques**
- Chap. III - Evaluation des stratégies des firmes et des performances nationales**
- Chap. IV - Aperçu sur les stratégies des pouvoirs publics des pays industrialisés**
- Chap. V - Caractéristiques et tendances des principaux marchés mondiaux de produits et services**
- Chap. VI - Obstacles et possibilités pour promouvoir la production électronique dans les Tiers-Nations**

TABLE DES MATIERES (*)

	<u>PAGES</u>
RESUMES DES CHAPITRES I A VI	1 - 30
Chapitre I. - <u>PRESENTATION DE L'EVOLUTION TECHNICO-INDUSTRIELLE MONDIALE</u>	31
1. <u>Définition technico-industrielle de l'électronique</u>	31
1.1. La technique.....	31
1.2. De la technique à l'industrie.....	32
1.3. De la technique à la technologie.....	33
1.4. Les trois âges du système technico-industriel.....	36
(tableau I-1)	
1.5. L'âge de l'électronique.....	39
2. <u>Structuration de l'âge de l'électronique</u>	40
(tableau I-2)	
2.1. La naissance de l'électron à l'origine d'une technique-mère prolifique.....	42
2.2. L'essor de la transmission et du traitement électroniques du signal (1925-1955).....	45
2.3. La maîtrise d'une technique irradiante (1955-1985).....	47
2.3.1. Le fondement micro-électronique.....	47
2.3.2. Le développement du traitement électronique de l'information.....	50
2.3.3. La mutation des télécommunications.....	53
2.4. L'installation d'un nouvel âge technico-industriel.....	59
(tableau I-4)	
3. <u>Perspectives techniques des années quatre-vingt-dix</u>	61
3.1. Approfondissement de la technique-mère : progrès des briques de base.....	62
(tableaux I-5 et I-6)	
3.2. Rapidité et facilité de la communication : opto-électronique et normalisation.....	68
3.2.1. Recherche de combinaisons techniques.....	68
(tableau I-7)	

(*) Chacun des chapitres est paginé séparément.

	<u>PAGES</u>
3.2.2. L'opto-électronique, technique affuente majeure.....	72
3.2.3. La normalisation : une contrainte pour la communication	73
3.3. Réseaux et connaissances	74
3.3.1. La télévision à haute définition	74
3.3.2. Les Réseaux Numériques à Intégration de Services..... (tableaux I-8, I-9 et I-10)	75
3.3.3. Les logiciels et l'intelligence artificielle..... (tableau I-11)	80
4. Evolution des conditions de production dans l'électronique.....	84
4.1. Caractères généraux d'une dynamique multi-intensive.....	84
4.2. Le cas de l'industrie des circuits intégrés -les mémoires-	93
4.3. Le cas de l'industrie des téléviseurs.....	105
 Chapitre II. - <u>IMPACT DE L'AGE DE L'ELECTRONIQUE SUR L'ENSEMBLE</u> <u>DES ACTIVITES ECONOMIQUES</u>	 112
 1. <u>Une évaluation du degré de diffusion de l'électronique</u>	 112
2. <u>Une autre manière de produire</u>.....	121
2.1. La mécatronique	121
2.2. Les réseaux locaux industriels et la logistique.....	124
3. <u>Une appréciation critique du dilemme emploi-productivité</u>.....	126
4. <u>Une liste incomplète d'activités modernisées</u>.....	129
4.1. L'acier.....	129
4.2. La chimie	130
4.3. Le pétrole	130
4.4. L'automobile.....	130
4.5. Le textile et l'habillement	132
4.6. L'agriculture.....	132

Chapitre III - <u>EVALUATION DES STRATEGIES DES FIRMES ET DES PERFORMANCES</u>	PAGES
<u>NATIONALES</u>	134
1. <u>Les firmes : le brulonnement</u>	134
1.1. Une dimension planétaire.....	134
1.1.1. Stratégie : une vision mondiale.....	134
1.1.2. Structure : un oligopole mondial.....	136
1.1.3. Acteurs : un club exclusif.....	139
1.2. La révision stratégique.....	143
1.2.1. La délocalisation revisitée.....	143
1.2.2. La coopération tous azimuts.....	150
1.3. Un zoom sectoriel.....	155
1.3.1. Informatique : la nouvelle donne.....	155
1.3.2. Logiciels : la consolidation.....	159
1.3.3. Télécom : les enjeux du RNIS.....	161
1.3.4. E.G.P. : de nouvelles perspectives.....	165
1.3.5. Composants : les grands chambardements.....	167
1.4. Conclusion.....	174
2. <u>Les nations : le point de rupture</u>	175
2.1. Géographie de l'électronique mondiale.....	175
2.1.1. La production : reflet des stratégies industrielles.....	175
2.1.2. Les marchés et les échanges : facteurs de tensions.....	180
2.2. La tentation mercantiliste.....	184
2.2.1. Etats-Unis : le GATT au rebut ?.....	184
2.2.2. Europe : le dernier atout ?.....	189
3. <u>Conclusion</u>	192
Chapitre IV. - <u>APERÇU SUR LES STRATEGIES DES POUVOIRS PUBLICS</u>	
<u>DES PAYS INDUSTRIALISES</u>	195
1. <u>Les fondateurs : les Etats-Unis</u>	195
(Tableau IV-1)	

	<u>PAGES</u>
2. Le challenger dominant : le Japon (Tableaux IV-2 et IV-3)	200
3. Le sursaut de la vieille Europe	204
3.1. Aperçu général sur quelques intersections..... (Tableau IV-4 et IV-5)	204
3.2. La politique allemande..... (Tableau IV-6)	206
3.3. La politique britannique..... (Tableau IV-7)	208
3.4. La politique française..... (Tableau IV-8)	210
3.5. Le programme ESPRIT..... (Tableau IV-9)	212
4. La concurrence technologique des nations	215
4.1. La mécatronique..... (Tableau IV-10)	216
4.2. La déréglementation des télécommunications..... (Tableau IV-11)	217
4.3. L'intelligence artificielle..... (Tableau IV-12)	218
 Chapitre V. - CARACTERISTIQUES ET TENDANCES DES PRINCIPAUX MARCHES MONDIAUX DE PRODUITS ET SERVICES	 220
1. Le mouvement général	220
1. De l'EGP à l'équipement industriels.....	220
2. Une croissance soutenue.....	221
3. Les années quatre-vingt.....	222
4. Des perspectives souriantes.....	223
2. Informatique : la montée en puissance	225
5. La montée des petits.....	225
6. Les processeurs vectoriels.....	227

	<u>PAGES</u>
7. Les ordinateurs personnels.....	228
8. Les mini-ordinateurs	229
9. Les ordinateurs universels.....	230
10. Les super-ordinateurs.....	231
3. Logiciels : le carrefour	232
11. L'expansion des indépendants	232
12. La CLAO	234
13. Les systèmes d'exploitation	235
14. La norme UNIW	235
15. L'intelligence artificielle.....	236
4. Télécommunications : la compression contre le RNIS	237
16. La convergence avec l'informatique	237
17. Les MUX T-1.....	239
18. Les modems haute vitesse	240
19. Le rôle des PC.....	241
20. Les fibres optiques	242
5. Mécatronique : la grande effusion	243
21. La convergence.....	243
22. Les protocoles de communication.....	244
23. La CAO/PAO	245
6. Electronique grand public : à bout de souffle ?	246
24. Révolution ou évolution ?.....	246
25. La TV haute définition.....	246
26. Les autres produits	248
27. La HI-FI.....	249
28. L'intégration de l'électronique.....	249
29. L'électroménager.....	251
7. Des hauts et des bas	252
30. Une forte croissance.....	252
31. Les circuits ASIC.....	254

	<u>PAGES</u>
32. Les composants de puissance.....	255
33. Les micro-processeurs.....	255
8. <u>Conclusion</u>	257
Chapitre VI. - OBSTACLES ET POSSIBILITES D'ACTION POUR PROMOUVOIR LA PRODUCTION ELECTRONIQUE DANS LES TIERS-NATIONS	258
1. Participation trop restreinte à la production électronique mondiale	258
1.1. Délocalisation multinationale vers les bas salaires : emplois et devises	258
1.1.1. La Nouvelle Division Internationale du Travail.....	258
1.1.2. Les installations "offshore" des firmes multinationales.....	258
1.1.3. Les incitations publiques : zones franches d'exportation et tarifs spéciaux d'importation.....	259
(tableaux VI-1, VI-2 et VI-3) *	
1.2. Intensification du recours aux produits électroniques : acheter ou fabriquer ?	265
1.2.1. Une consommation spontanément croissante d'électronique dévoreuse de devises.....	265
(tableaux VI-4, VI-5 et VI-6)	
1.2.2. Une volonté émergente de transformation technologique à l'aide de l'électronique.....	271
(tableau VI-7)	
1.3. Des avantages comparatifs aux lois du Système Industriel Mondial	274
1.3.1. Les limites objectives de l'avantage en coût salarial.....	274
1.3.2. Les difficultés de maîtrise dans une industrie mondiale de haute technologie.....	278
1.3.3. Les facilités d'insertion dépendante dans le montage ou le copiage.....	279
2. Pour une stratégie industrielle d'entrée dans l'électronique	280
2.1. Quel(s) lieu(x) d'entrée ?	280
2.1.1. Examen critique des réponses simplistes : logiciels et "Asic's".....	280
2.1.2. Exigences de focalisation-articulation.....	282
2.1.3. Exigences de niveau de complexité.....	283
(Tableau VI-8)	
2.2. Quelles tactiques ?	287

	<u>PAGES</u>
2.2.1. Le recours à la technologie étrangère	287
2.2.2. La recherche du niveau de compétitivité mondiale..... (Tableau VI-9)	290
2.3. Quelle problématique ?.....	292
2.3.1. Rejeter la dépendance misérable et l'indépendance sordide..... (Tableau VI-10)	293
2.3.2. Articuler une dynamique sociale sur le Système Industriel Mondial	294
 ANNEXES	 Annexes-1 à Annexes-36

RESUME DU CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'EVOLUTION TECHNICO-INDUSTRIELLE MONDIALE

1. Définition technico-industrielle de l'électronique

1.1. La technique

1. L'objet technique élémentaire : l'outil
2. Le complexe technique : combinaison de techniques élémentaires, affluentes pour un acte technique
3. La technique : un coin dans la nature
force, matière, déplacement physique ou informationnel, ENERGIE,
MATERIAU, COMMUNICATION

1.2. De la technique à l'industrie

4. L'industrie : mise en oeuvre de la technique pour produire. Technique et industrie sont indissociables.
5. Un champ d'autonomie pour le dynamisme de la création technique.
6. Des filiations par lignées techniques déterminées : la généalogie des techniques.
7. La technique-mère, particulièrement prolifique, organise un complexe-technique toujours plus élaboré, avec de multiples techniques affluentes.
8. La trajectoire technique : un minimum d'autonomie de l'évolution technique ou un déterminisme lié au passé accumulé et à la nature sur laquelle agir.
9. Les grappes d'innovations techniques.
10. La fluidité d'une technique, facteur d'homogénéisation de l'ensemble des complexes techniques.

1.3. Du progrès technique au progrès technologique

11. L'évolution technique passe par son interaction avec l'industrie. L'homogénéisation et le progrès des complexes techniques transitent par la résolution de tensions révélées entre les actes industriels que permettent les différents complexes.
12. Exemples. Des stimulants industriels forts à la création technique. Des procédures de sélection industrielle des progrès techniques.
13. Ceci justifie le concept de système technico-industriel.
14. Séparation transitoire entre savoir-faire technique et savoir scientifique. Décalage chronologique des progrès de l'un et de l'autre.

15. Interaction entre les deux ordres de savoir qui fait naître la technologie. Progrès technique et progrès technologique fusionnent alors au sein du système technico-industriel.

1.4. Les trois âges du système technico-industriel

16. Au coeur d'un système technico-industriel fondé sur un ensemble homogénéisé et viable de complexes techniques se trouve "la machine", support technique autour duquel l'industrie organise la production.
17. Une technique à très haute fluidité constitue un point de commande sur le système technico-industriel car susceptible de provoquer la recombinaison de la plupart des complexes techniques et leur nouvelle homogénéisation.
18. Une énergie comme point de commande du premier système technico-industriel : c'est l'âge de la vapeur.
19. De l'âge de la vapeur à l'âge de l'acier, un matériau, la dynamique historique des systèmes technico-industriels (tableau I-1 : La dynamique historique des systèmes technico-industriels).

1.5. L'âge de l'électronique

20. Une nouvelle rupture technique avec le micro-processeur (1971) qui fait naître l'âge de l'électronique.
21. L'électronique est "l'ensemble des techniques qui utilisent des variations de grandeurs électriques (champs électromagnétiques, charges électriques) pour capter, transmettre et exploiter une information".

2. Structuration de l'âge de l'électronique

22. L'électronique forme un complexe technico-industriel autour d'une technique-mère.
23. Deux sous-domaines technico-industriels : la transmission de l'information et le traitement de l'information qui tendent, en raison de l'essor de la technologie-mère, à se confondre (Tableau I-2 : L'industrie électronique, 1904-1984).

2.1. La naissance de l'électron à l'origine d'une technique-mère prolifique

24. La transmission de l'information : du télégraphe à la T.S.F. transatlantique soutenue par les marines et les armées.
25. Le traitement de l'information : la machine à écrire pour les bureaux et la tabulatrice de cartes perforées pour les recensements.
26. L'électron, la diode et la triode.

27. Large extension potentielle de la téléphonie et de la radiophonie.
28. Avec la naissance de l'électronique, essor élargi des firmes de l'industrie électrique.
29. Développement des firmes du traitement de données et en particulier d'L.B.M.

2.2. L'essor de la transmission et du traitement électronique du signal (1925-1955)

30. La genèse de l'électronique grand public : la télévision, le cinéma, l'électrophone, le magnétophone.
31. L'électronique industrielle, militaire et spatiale.
32. Les calculateurs à tube pour les calculs balistiques : l'ENIAC.

2.3. La maîtrise d'une technique irradiante (1955-1985)

2.3.1. Le fondement micro-électronique

33. La fluidité parfaite de l'électronique s'acquiert par le passage du tube à vide au solide semi-conducteur, d'abord transistor "discret", puis intégré dans un circuit : la puce.
34. La densité d'intégration double chaque année pour atteindre à la fin des années soixante-dix une très grande échelle (VLSI) quand les circuits sont devenus intelligents avec le micro-processeur, véritable machine de traitement de l'information. La puce devient une brique de base au service d'une industrie de la construction électronique (Tableau I-3 : La construction électronique en 1985).

2.3.2. Le développement du traitement électronique de l'information

35. Au "Hardware" de la construction matérielle fait pendant le "Software" ou logiciel, service immatériel de conception, d'architecture et de fonctionnement, l'un et l'autre sont indissociables dans les industries de la construction électronique.
36. Les générations d'ordinateurs. La première a été celle des ordinateurs à tube, la seconde leur substitue l'emploi des transistors (à partir de 1959) et s'accompagne de la généralisation des premiers langages universels de programmation et d'un premier embranchement, les minis (DEC).
37. La troisième génération, avec l'L.B.M. 360 en 1965, implante la grande informatique centralisée dans les grandes entreprises et dans les administrations pour leur gestion.
38. I.B.M. a réalisé pour cela des dépenses de R et D considérables, s'est intégrée verticalement, a normalisé ses systèmes d'exploitation pour toute sa gamme, a inventé le code EBCDIC et l'octet et imaginé un système de location. Résultat : la grande informatique croît de 20 % par an en valeur.

39. La quatrième génération assure au cours des années soixante-dix la maturation de la grande informatique centralisée et l'explosion d'autres conceptions de l'informatique.
40. La mini-informatique se développe tandis que naissent les premiers super-ordinateurs de CRAY.
41. La micro-informatique constitue une des applications directes de la fluidité de la technique-mère au traitement de l'information. En 1985 : vingt millions de micro-ordinateurs fonctionnent dans le monde, stations de travail d'ingénieur ou postes de travail pour secrétaire. Voilà qu'émerge le concept d'informatique distribuée.

2.3.3. La mutation des télécommunications

42. La transmission unidirectionnelle se transforme lentement avec les réseaux câblés de TV aux Etats-Unis puis la transmission transatlantique par satellite (1962) qui va combiner TV et téléphone. Après 1980, le vidéotex réalise la même combinaison, l'ordinateur domestique celle avec l'informatique. La domotique approche.
43. La transmission bidirectionnelle progresse dans les systèmes de commutation, les visées et modes de transmission, la nature des communications possibles.
44. Les centraux téléphoniques s'automatisent, se transistorisent (1960) puis deviennent entièrement électroniques et constituent (1970) de véritables machines de traitement de l'information avec leurs problèmes de matériel (Hardware) et de logiciel (software).
45. La gamme des services offerts sur les réseaux de télécommunication va s'étendre à la communication de données et à des services avancés ou à valeur ajoutée, ceci étant permis par les progrès techniques. Face à la variabilité des coûts, des besoins et des capacités de paiements, le monopole public des services de télécommunication, détenu par "les transporteurs" et leur pratique d'une péfération généralisée entre les utilisateurs et utilisations, cèdent la place un peu partout à un mouvement de déréglementation.
46. Les satellites, lieu d'interaction entre l'électronique et le spatial, deviennent des transpondeurs géostationnaires. INTELSAT domine les communications intercontinentales à des coûts très réduits pour la téléphonie, les transmissions de données, la télévision. Apparaissent également les satellites de télévision directe et des réseaux mondiaux privés de télécommunications avancées.
47. Les câbles coaxiaux transatlantiques (1956) évoluent avec la transistorisation de leurs répéteurs (1964) mais doivent à l'avenir compter avec les fibres optiques (1972) qui, grâce aux lasers (1958), constituent l'alternative économique de demain aux télécommunications par satellites et sont doré et déjà performants pour les réseaux locaux informatiques et les transmissions en milieu électriquement hostile.

24. L'installation d'un nouvel âge techno-industriel

(Tableau I-4 : La structuration de l'âge électronique)

48. Autour des composants on distinguait deux sous-domaines. Le calcul électronique comme traitement de l'information est devenu, sous l'impact de l'évolution de la technique-mère, informatique-communiquante étendue au traitement des textes, des images, des sons.
49. Les télécommunications sont bouleversées par la numérisation qui, en outre, étend la gamme des services en exigeant un véritable traitement de l'information rapprochant les anciens domaines, ce qu'illustre la concurrence croisée d'I.R.M. et d'A.T.T.
50. Télécommunications, communication de flux importants et informatique comme principe de manipulation électronique de l'information gardent des spécificités mais s'imbriquent. La mécanique illustre la nature aujourd'hui céto-facturière de l'activité de transformation dans les ateliers et laboratoires. La bureautique pour le travail administratif au bureau, la domotique pour le travail ménager à la maison constituent, avec la mécanique, les nouveaux couples besoin-produit complexe qui naissent de la mise en place du nouvel âge techno-industriel.
51. L'informatique elle-même évolue de par le recours généralisé pour son paquetage et sa manipulation du nouvel alphabet universel de la communication que peuvent traiter les briques de base de la construction électronique. Le nouvel âge techno-industriel est donc bien aussi celui de la communication.

3. Perspectives techniques des années quatre-vingt-dix

52. L'évolution sera le fait des acteurs dominants du complexe techno-industriel. Tout laisse supposer une période avvenir d'approfondissement et d'élargissement de l'emprise du complexe techno-industriel autour de la même technique-mère en interaction croissante avec l'opéo-électronique. La numérisation de l'information va toucher, la télévision, le RNIS et toutes les machines vont tendre à traiter des connaissances plus que de l'information.
- 3.1. Approfondissement de la technique-mère : progrès des briques de base
 53. Poursuite de l'intégration sur la même lignée technique ?
 54. L'exemple des mémoires D.RAM montre que les facteurs passés d'intégration : longueur de lignes, masses de conception, taux de remplissage et surface des circuits, doivent encore jouer leur rôle (Tableau I-5 : Les déterminants des progrès de l'intégration).
 55. A l'heure de la production de masse des mémoires 1 Mbit, les industriels envisagent déjà, pour l'an 2000, la production de masse de mémoires 64 Mbits. Il faut donc tabler sur un maintien du rythme d'évolution des performances.

56. La conception des circuits intégrés fera appel à l'intelligence artificielle. La lithographie optique continuera de permettre la production de mémoires 4 Mbits et 16 Mbits à l'aide de système d'alignements automatiques.
57. Les photorépéteurs à rayon X rendront possible la lithographie des mémoires 64 Mbits et au-delà. L'écriture directe au faisceau d'électrons jouera un rôle complémentaire.
58. Outre les techniques classiques de gravure, se trouvent déjà opérationnelles ou en développement des techniques concurrentes qui pourront assurer la qualité de cette étape aux niveaux à venir de miniaturisation.
59. Les micro-processeurs, plus qu'une forte évolution technique, devraient connaître surtout un approfondissement de leur diffusion comme modules de base de traitement de l'information (Tableau I-6 : L'évolution des circuits intégrés et des micro-processeurs).
60. On peut cependant noter une évolution des architectures (RISC) et l'émergence d'un nouveau concept de système d'exploitation (TRON). Toutefois, les années à venir verront surtout la spécialisation nécessaire de ce qui est, en dépit de sa très petite taille, un système parfois très complet comme dans le cas des micro-contrôleurs.

3.2. Rapidité et facilité de communication : opto-électronique et normalisation

62. La supra-conductivité reste un domaine prometteur sans implications fondamentales prévisibles d'ici l'an 2000.
63. L'arseniure de Gallium devrait constituer le substrat de circuits intégrés très rapides pour des applications spécifiques.

3.2.1. Recherche de combinaisons techniques

64. Les années à venir devraient voir le développement des combinaisons techniques et d'hétérostructures (Tableau I-7 : Les performances relatives des circuits intégrés selon les techniques).
65. Les subdivisions qualificatives des différents types de circuits intégrés -bipolaires-MOS- semblent devoir être redéfinies.
66. En électronique de puissance, il faut s'attendre à l'apparition de véritables circuits intégrés.
67. Les circuits intégrés en trois dimensions (3D) devraient fournir des produits remarquables dans les années quatre-vingt-dix.
68. La logique d'éviter de perdre dans les liaisons les gains obtenus à l'intérieur de chaque composant par sa miniaturisation, doit s'approfondir. Elle doit amener au

développement non seulement des ASIC's (cf 61) mais aussi des circuits hybrides à la demande.

69. Ce type de circuits a développé une conception qui a abouti pour les circuits imprimés à la technique des composants pour montage en surface (CMS ou MSD), technique qui devrait devenir dominante au cours des années quatre-vingt-dix.

70. Les circuits hybrides à couches minces ou à couches épaisses devraient véhiculer une diffusion très large de l'électronique dans d'innombrables applications industrielles potentielles.

71. La recherche de combinaisons techniques pour ces mêmes raisons devrait assurer en matière de circuits intégrés un fort développement des circuits bi-CMOS.

3.2.2. L'opto-électronique, technique affluente majeure

72. Pour les communications à distance point à point, la décennie des années quatre-vingt-dix sera celle de la fibre optique.

73. Toutefois, la commutation optique et l'ordinateur optique ne sont pas envisageables à cet horizon.

74. Mais les composants opto-électroniques connaîtront des progrès très importants, en particulier pour les disques compacts, les imprimantes lasers, et tous les domaines de signalisation (non encore électronisés aujourd'hui).

3.2.3. La normalisation, une contrainte pour la communication :

75. Pour que les potentialités d'une communication rapide soient transformées en avantages économiques, et que celle-ci soit efficace, il faut que les communicants se comprennent, c'est le domaine de la normalisation.

76. Le modèle OSI (Open System Interconnection) à sept couches, de l'Organisation Internationale de Normalisation, s'y emploie et a rencontré l'appui récent des grandes firmes industrielles.

77. La création d'un groupe d'utilisateurs tel que MAP (Manufacturing Automation Protocols' illustre les progrès en cours vers les possibilités accrues d'interfonctionnement entre machines de traitement de l'information nécessaire pour tout réseau.

3.3. Réseaux et connaissances

3.3.1. La télévision à haute définition

78. Dans les années quatre vingt-dix s'achèvera la numérisation de l'électronique grand public et l'extension du concept d'électronique à l'électroménager, préalables à la maturation ultérieure de la domotique.

79. On verra également des évolutions techniques attendues pour des produits déjà anciens, mais incertaines comme magnétophone numérique et disques compacts et la prolifération d'innovations techniques mineures, guidées par des opportunités de marché.
80. La grande affaire de l'électronique grand public des années quatre-vingt-dix : l'arrivée de la télévision à haute définition, alors que peu à peu l'extension de la télédiffusion devrait amener, vers l'an 2000, à peu près la moitié de la planète à participer quasi-simultanément à ces rituels culturels. Techniquement, cette affaire est liée à des enjeux dans de très nombreux domaines.

81. Le caractère techno-industriel de cette évolution est lié à une décision réglementaire internationale dont on saisit toute l'importance : la normalisation de la TV haute définition qui met en concurrence des propositions japonaise et européenne.

3.3.2. Les Réseaux Numériques à Intégration de Services

82. Le grand projet des années quatre-vingt-dix est celui de l'installation d'un réseau de communication qui ne transporte pas seulement la voix mais plus largement tout type d'information.
83. Des choix à implication technique seront faits dans les années à venir, par exemple entre un réseau universel du type du réseau téléphonique actuel et un ensemble de réseaux spécialisés applications ou usagers.
84. Le RNIS est pour une part un mythe technique, ISDN = "I Still Don't Know" selon certains.
85. La numérisation de la transmission et de la commutation reste embryonnaire dans bien des pays où cohabite un réseau encore analogique à commutation de circuits véhiculant surtout la voix et un réseau numérique à commutation de paquets pour les données. Le passage de cette situation à celui d'un RNIS est imaginé différemment selon les pays leaders.
86. Toutefois il y a une sorte d'accord sur la mise en place d'un RNIS dit à bande étroite à 144 Kbits/s qui devrait constituer en l'an 2000 une caractéristique de base et gouverner d'ici là les évolutions techniques des composants et des équipements (Tableau I-8 : Implantation du RNIS première génération dans les pays européens)
87. Ce n'est qu'au-delà de l'an 2000 qu'il est possible d'envisager un réseau capable de véhiculer des images couleur de haute définition au travers d'un RNIS large bande ou "TBCN" (Integrated Broadband Communication Network).
88. Cette cible lointaine pose des problèmes pour les discussions concernant les normalisations immédiatement à venir du RNIS bande étroite.
89. Par exemple, le choix d'un multiplexage temporel synchrone de la voix numérisée et transmise à 64 Kbits/seconde semble dès à présent très discutable ; l'évolution de la

communication s'en trouve affectée et avec elle les générations à venir de centraux de commutation (Tableau I-10 : L'évolution nécessaire des techniques de commutation : surcadrement du RNIS).

3.3.3. Les logiciels et l'intelligence artificielle

90. Tout progrès dans les matériels doit s'accompagner de progrès dans les logiciels, que ce soit les logiciels d'exploitation -en partie intégrés dans le matériel "firmware"- ou les logiciels d'applications, progiciels dans le cas d'applications-types. Le logiciel devient le point critique du développement des machines à traiter de l'information.
91. Plus de 60 % du temps de travail dans la production de biens électroniques devrait porter sur du logiciel.
92. Le génie logiciel devrait se développer avec des outils d'aide à l'analyse et à la conception structurée, ainsi que des générateurs automatiques de codes.
93. La recherche d'une continuité d'utilisation des programmes a amené une tentative des grands constructeurs d'informatique pour élaborer en commun leur prochain système d'exploitation. Ceci ne se fera pas semble-t-il sans difficulté.
94. Dans le domaine de l'intelligence artificielle, il faut s'attendre à la multiplication des systèmes experts, à la simplification de l'usage des machines de traitement de l'information, au développement de leur capacités de reconnaissance visuelle et orale (Tableau I-11 : L'évolution en matière d'intelligence artificielle d'après le MITI (Japon))

4. Evolution des conditions de production dans l'électronique

4.1. Caractères généraux d'une dynamique multi-intensive

4.1.1. Des conditions très dynamiques

95. Un même type d'évolution suivi quel que soit le produit de la construction électronique.
96. Le renouvellement rapide des caractéristiques du produit fait que les machines de traitement de l'information sont toujours moins chères, plus petites, plus rapides (Tableau I-12 : Les ordinateurs et le traitement de l'information : moins chers, moins encombrants, plus rapides).
97. Des prix absolus en baisse avec des performances améliorées pour les produits de grande diffusion comme l'I.B.M.-P.C.
98. Pour les autres produits, c'est le prix absolu du service élémentaire rendu qui diminue. Par exemple, le prix du "MIPS" (Million d'Instructions par Seconde) en

informatique (Tableau I-13 : Evolution du prix du MIPS de différents modèles des panels ordinateur I.B.M.).

99. C'est le cas du coût du canal sur un satellite de communication (Tableau I-14 : Evolution des coûts annuels d'Intelsat).

100. Ceci est lié en particulier à l'évolution dans les performances des composants et devrait donc se poursuivre avec les évolutions prévues pour ces composants. Ceci est vérifié pour les coûts des circuits de télécommunication par satellite (Tableau I-15 : Evolution prévisible des coûts annuels d'un demi-circuit de la communication par satellite en dollars nord-américains de 1983).

101. Plus généralement, dans les télécommunications on a enregistré la baisse des prix des communications téléphoniques. Les progrès techniques tels que la fibre optique réduiront les coûts des services quand ils sont avancés, c'est-à-dire pour de très hauts débits (Tableau I-16 : Comparaison des coûts/performance entre les câbles cuivre et la fibre optique).

102. Ces caractéristiques très dynamiques donnent une apparence facilité mais masquent les difficultés liées au caractère multi-intensif de la production.

4.1.2. Mais des difficultés liées au caractère multi-intensif de la production

103. L'intensité du progrès technique avantage les producteurs proches des fabricants de composants (tableau I-17).

104. Cela pousse à l'intégration verticale.

105. La convergence de branches autrefois plus distinctes et leur commune et nécessaire proximité avec les fabricants de composants impose de nouer une gamme étendue de contacts pour rester dans le rythme des évolutions et sur des marchés très disputés.

106. L'intensité en Recherche et Développement exige un nombreux personnel hautement qualifié et des dépenses très élevées et croissantes avec le progrès technique, à tel point que dans certains sous-domaines, comme celui des centraux de commutation, il faut s'attendre à une réduction du nombre des fabricants.

107. L'intensité en main-d'oeuvre qualifiée tient non seulement à la R et D, mais aussi aux logiciels qu'il faut développer et maintenir en même temps que les matériels et à l'automatisation des processus de production. De manière générale, les emplois non-qualifiés tendent à se réduire massivement dans l'industrie électronique (Tableau I-18 : L'emploi et sa structure chez Siemens (Allemagne)).

108. La rentabilité de tels investissements immatériels exige des marchés suffisamment larges pour lesquels des équipements d'automatisation et des capacités de production suffisantes amènent en général des dépenses d'investissement élevées qui font que cette industrie est de plus en plus intensive en capital. Quelques exceptions demeurent pour des produits par exemple réalisés à destination d'un

marché protégé ou définis avec des spécifications originales et délimitent une niche (Tableau I-19 : Niveaux techniques et investissements dans quelques produits de l'industrie électronique).

4.1.3. Le coplage pour tourner les difficultés

109. Echapper au caractère multi-intensif de la dynamique en se mettant "dans le sillage d'un gros poisson".
110. La compatibilité IBM. "inventée" en 1976 par AMDHAL, s'est épanouie avec l'IBM-P.C. et la prolifération des clones. Il s'agit de construire une copie presque conforme d'une machine à traiter de l'information dont la plupart des constituants sont disponibles sur le marché.
111. Ceci met en place une standardisation-normalisation de fait et pose le problème du copyright. De nombreuses actions ont été engagées, la plupart des législations nationales s'efforçant de protéger les leaders.
112. La copie est cependant possible en accord avec le producteur original et se pratique assez fréquemment avec les systèmes O.E.M. (Original Equipment Manufacturer) et de seconde source.
113. Ces conditions générales peuvent être amendées ou complétées ici et là comme on va le voir dans les deux cas examinés ci-après.

4.2. Le cas des circuits intégrés-mémoires

114. La production des semi-conducteurs est en partie captive, pour un tiers au total aux Etats-Unis.
115. Le groupe directeur des producteurs marchands s'efforce de maîtriser une trajectoire optimale de baisse des prix combinée avec le renouvellement des produits comme par exemple dans les mémoires.
116. On peut mettre en évidence une courbe d'apprentissage mondial (Tableau I-20 : La courbe d'apprentissage mondial du bit-mémoire).
117. Ceci se répercute sur tous les produits de la construction électronique (Tableau I-21 : Evolution des prix des bits-mémoires et des produits électroniques).
118. Toutes les catégories de circuits intégrés ont un cycle de vie et de renouvellement très bref au cours duquel le processus de formation du prix est lui-même modifié (Tableau I-22 : Les cycles du produit dans les circuits intégrés).
119. Les cycles d'une génération à l'autre portent sur des volumes croissants (Tableau I-23 : Evolution des livraisons des générations de mémoires D.RAM).
120. De la même manière, les coûts de Recherche et Développement et la durée des temps de développement s'élevèrent. L'effort moyen de R. et D. représente 10 % du

chiffre d'affaires et s'élève à environ 100 millions de dollars pour trois années de travail en ce qui concerne la dernière génération de mémoire (1 M) mise sur le marché.

121. Les coûts de fabrication s'élèvent également, notamment pour la lithographie qui est le poste le plus important (40 à 45 %).
122. Les investissements à réaliser sont donc considérables. Ils représentaient en moyenne 10 % du chiffre d'affaires en 1975 et sont montés à 23 % en 1984.
123. Cette course très vive (Tableau I-24 : Evolution des équipements de lithographie) est rendue plus délicate par une évolution à court terme perturbée par des phénomènes d'accélération de la demande dérivée qui lui confère un caractère cyclique (Tableau I-25 : Ratio semestriel des commandes sur facturation des circuits intégrés mémoire D.RAM).
124. L'évolution des prix subit simultanément les effets du cycle du produit, des fluctuations de la demande, et des stratégies agressives d'investissement de certains producteurs (Tableau I-26 : La chute anormale des prix des mémoires ; Tableau I-27 : La course japonaise à l'investissement dans les semi-conducteurs).

4.3. Le cas de l'industrie des téléviseurs

125. Le téléviseur à l'origine de l'électronique grand public, en reste le produit pilote.
126. L'industrie est très concentrée et moins d'une dizaine de producteurs se partage aujourd'hui le marché mondial.
127. L'évolution des techniques et le poids des investissements, plus encore que l'extension potentielle du marché, ont exigé de passer à une production en grandes séries.
128. La conséquence en a été des tendances à la concentration nationale dans les années soixante puis à l'échelle mondiale depuis les années soixante-dix, principalement sous l'impulsion des firmes japonaises.
129. Les Japonais ont à la fois exporté leurs téléviseurs en promouvant leur marque et racheté des usines et des marques américaines.
130. Leur réussite s'est traduite par le démantèlement presque complet de l'appareil productif local américain.
131. A partir du milieu des années soixante, de nouveaux axes de développement apparaissent : délocalisation, automatisation et entreprises conjointes : les pays industrialisés surtout.
132. Les firmes européennes, protégées jusque là par des normes, réagissent par un processus de concentration autour de deux firmes, Philips et Thomson.

133. Ainsi, Thomson imite le savoir-faire japonais pour s'automatiser, se délocaliser et comme Philips réduire ses effectifs.
134. L'uniformisation des conditions de production situe la taille critique à 2 millions de téléviseurs par an, ce qui tient compte de l'importance des dépenses de Recherche et Développement et du progrès technique.
135. La première évolution technologique a été l'introduction de la couleur dans les années soixante et a fait disparaître certaines firmes, comme celles de l'Argentine.
136. D'autres progrès sont à noter : l'amélioration du son, la réduction de la consommation d'énergie, l'introduction de circuits intégrés, l'amélioration de l'image (Tableau I-28 : Evolution des téléviseurs et utilisation des circuits intégrés du Japon).
137. Dans un téléviseur le tube est un composant central pour le prix final et cela pousse à l'intégration verticale et à considérer que la production de tube protège les producteurs de téléviseur.
138. Les Coréens sont parvenus à entrer dans cet oligopole international très concurrentiel. Ils se tournent vers le marché des tubes où ils peuvent générer une surproduction et pourraient tenter de mener une guerre des prix.
139. Toutefois, les développements ultérieurs ne concernent pas seulement les tubes actuels en raison des efforts très importants de Recherche et Développement.
140. Le grand public devient, avec la numérisation, une industrie de haute technologie et fait apparaître quelques nouveaux producteurs ayant des compétences associées.
141. L'enjeu principal reste cependant le renouvellement complet attendu du passage à la télévision numérique à haute définition (cf 3.3.1.).

RESUME DU CHAPITRE II

IMPACT DE L'AGE DE L'ELECTRONIQUE SUR L'ENSEMBLE DES ACTIVITES ECONOMIQUES

1. L'âge de l'électronique s'installe tandis que l'âge de l'acier doit laisser la place. Une mutation industrielle est en cours, des activités se modernisent.

1. Une évaluation du degré de diffusion de l'électronique

2. La diffusion-insertion de l'électronique c'est principalement celle des circuits intégrés.
3. Le taux de croissance annuel moyen entre 1982 et 1986 des ventes de circuits intégrés dépasse 27 % (Tableau II-1 : La destination (%) des circuits intégrés 1982-1986).
4. La question de la diffusion de l'électronique et de la mutation industrielle doit être distinguée de celle du rythme de croissance globale.
5. Pénétration de l'électronique dans la vie courante.
6. Pénétration dans les entreprises.
7. Diffusion significative de la micro-électronique dans les industries en Grande-Bretagne, en Allemagne et en France selon les résultats d'une enquête approfondie.
8. Entre 1970 et 1985, des emplois industriels sont concernés par la diffusion de la micro-électronique (Tableau II-2 : Extent of use of micro-electronics by industry ; Tableau II-3 : Stage of development in use of micro-electronics).
9. Les utilisateurs emploient d'abord des micro-processeurs standards pour mettre dans leurs produits et s'équipent en premier lieu d'automates programmables.
10. L'électronique donnerait, selon les enquêtes, un avantage de maîtrise mais exigerait pour diffuser plus une meilleure confection économique générale et plus de personnel ayant un savoir-faire en électronique (Tableau II-4 : Type of micro-electronics component used : product users ; Tableau II-5 : Type of micro-electronics based equipment used : process users ; Tableau II-6 : Avantage des avantages et problèmes (pour la Grande-Bretagne seule) ; Tableau II-7 : Main disadvantages and problems in use of micro-electronics).

2. Une autre manière de produire

2.1. La mécatronique

11. Le passage de la mécanique à la mécatronique fait évoluer le produit qui devient un produit-complexe composé de plusieurs éléments
12. Parler de robotique constitue une réduction caricaturale de la mécatronique
13. Des ateliers flexibles vers les usines sans hommes (Tableau II-8 : Un schéma d'atelier flexible)

14. D'avantage d'efficacité (Tableau II-9 : Les avantages d'un atelier flexible (Yamazaki, Japon, 1984).
15. L'exemple d'un atelier flexible de fabrication de tours à commande numérique.
16. La mécatronique appuie la montée du Japon dans la hiérarchie internationale des puissances économiques.

2.2. Les réseaux locaux industriels et la logistique

17. Deux problèmes de communication liés à la mécatronique.
18. La naissance du projet MAP.
19. MAP facilite le développement des réseaux locaux industriels.
20. De l'automatisme en îlots.
21. A une gestion de production difficile.
22. L'amélioration passe par un réseau de communication en temps réel entre les îlots pour une conduite centralisée ou décentralisée et un contrôle industriel assuré.
23. La logistique articule la gestion interne et celle des intrants et des extrants pour permettre l'optimisation globale.

3. Une appréciation critique du dilemme emploi-productivité

24. Aucune démonstration implacable n'a pu résoudre les oppositions.
25. L'étude précédemment citée montre un effet global sur deux axes faiblement négatif (Tableau II-10 : Changes in employment due to use of micro-electronics : all users).
26. La manière de présenter le dilemme productivité-emploi désigne a priori le coupable.
27. D'un point de vue micro-économique, le progrès technique menace l'emploi.
28. Mais les salariés non-payés par l'entreprise plus productive retournent dans le circuit économique et peuvent servir à offrir d'autres emplois, ailleurs. Le problème de l'emploi est aussi macro-économique.
29. A long terme, l'emploi agricole puis l'emploi industriel déclinent au profit de celui des services. Ce n'est pas l'électronique qui a engendré ou engendre le chômage, elle augmente, bien au contraire, le potentiel d'emploi (Tableau II-11 : Évolution de la structure sectorielle des emplois).

4. Evolution des conditions de production dans l'électronique

30-31. L'acier

32. La chimie.

33. Le pétrole

34. L'automobile.

35. Le textile et l'habillement.

36. L'agriculture.

RESUME DU CHAPITRE III

EVALUATION DES STRATEGIES DES FIRMES ET DES PERFORMANCES NATIONALES

1. Avec l'évolution technique, les structures industrielles sont en pleine mutation. Les entreprises sont amenées à réviser les options stratégiques qu'elles avaient choisi jusqu'à la fin des années 70. Désormais, tout horizon est planétaire. Produits et procédés, surtout dans les industries à haute technologie, ne peuvent être commercialisés (et conçus) que pour une part notable du marché mondial. Le changement de l'échelle de production oblige les firmes à définir des complexes industriels à travers des stratégies de délocalisations/autochtonisation et de coopération.

2. Progressivement, la plupart des branches semblent se structurer en oligopole. Les grandes firmes dominantes semblent devoir consolider leur domination. Leurs compétences dépassent le cadre de leurs activités principales. Toutefois, la segmentation des activités rend, d'une certaine manière, leurs positions fragiles. C'est pourquoi elles ont modifié leurs stratégies.

3. La délocalisation, dictée bien souvent par la recherche de main-d'oeuvre bon marché ou la tentative de contourner des barrières douanières, exige aujourd'hui un effort d'autochtonisation, c'est-à-dire d'assimilation au tissu industriel d'implantation. Elle s'opère dans les pays de la Triade (Europe, Etats-Unis, Japon) davantage que dans les pays du Sud et tous les grands fabricants s'y soumettent.

4. En plus de la croissance interne, la croissance des marchés et leur segmentation exigent le recours au rachat d'entreprises ou à la collaboration avec des concurrents. Le mouvement de coopération dans l'électronique a pris, depuis quatre ans, une ampleur jusque-là inégalée et va dans le sens de l'oligopolisation des marchés.

5. Tous les secteurs sont soumis à ce mouvement, depuis l'informatique où I.B.M. n'a pu construire son P.C. qu'avec le concours de Microsoft ou de Tander jusqu'au S.C. pour lesquels la division du travail entre fonderies et conception s'accroît.

6. Cependant, le jeu des firmes engendre au niveau des nations des déséquilibres commerciaux structurels. Si les marchés sont cantonnés en Europe, aux Etats-Unis et au Japon, beaucoup de la production est le fait des N.P.I. d'Asie, du Japon, du Mexique et de l'Irlande. Le décalage marchés/productions a pour corollaire des déficits commerciaux très affirmés en Europe et aux Etats-Unis.

7. Ces déficits ont engendré des tensions protectionnistes inégalées depuis la Seconde guerre Mondiale. Etats-Unis et Europe transgressent, simultanément, les règles du G.A.T.T. pour protéger leurs industries électroniques, soumises à la concurrence "inégalée" des pays évoqués plus haut.

RESUME DU CHAPITRE IV

APERÇU SUR LES STRATEGIES DES POUVOIRS PUBLICS DES PAYS INDUSTRIALISES

Le rôle des stratégies des pouvoirs publics a été fondamental pour orienter l'évolution technico-industrielle mondiale de l'électronique et continue à l'être aujourd'hui. Evidemment, ce sont celles des économies les plus industrialisées qui pèsent du poids le plus grand pour déterminer cette orientation. Ce sont ainsi les pouvoirs publics nord-américains qui détiennent indiscutablement la paternité de l'essor électronique. Ils ont dû faire face, à partir des années soixante-dix, à un challenger qui peu à peu est devenu dominant dans un nombre croissant de domaines sous l'action de ses firmes mais aussi et surtout en raison des stratégies des pouvoirs publics. Les pays de vieille industrialisation en Europe ont suivi avec retard l'évolution électronique américaine et, se trouvant quelque peu distancés, se sont aperçus que les mesures timides et rationales qu'ils avaient prises jusque là étaient insuffisantes. En conséquence, dans le cadre de la communauté européenne, ils mettent en oeuvre un programme "ESPRIT" qui devrait les mettre à nouveau dans la course. C'est bien en effet sur le terrain de l'électronique à une véritable course technologique à laquelle se livrent les pays industrialisés, leurs pouvoirs publics soutenant ou se substituant aux acteurs firmes. Même dans le cadre dite de la déréglementation des télécommunications, on perçoit l'intensité de cette compétition mondiale.

Les outils traditionnels mis en oeuvre, et que l'on retrouvera partout, sont les suivants : commandes publiques, organisation d'entreprises ou d'associations, restructuration sous l'égide des pouvoirs publics, normalisations protectrices, aides et subventions directs à l'industrie et plus particulièrement participation élevée des pouvoirs publics aux dépenses de Recherche et Développement.

1. Les fondateurs : les Etats-Unis

2. Le challenger dominant : le Japon

3. Le sursaut de la vieille Europe

3.1. Aperçu général sur quelques intersections

3.2. La politique allemande

3.3. La politique britannique

3.4. La politique française

3.5. Le programme ESPRIT

4. La concurrence technologique des nations

4.1. La mécatronique

4.2. La déréglementation des télécommunications

4.3. L'intelligence artificielle

RESUME DU CHAPITRE V

CARACTERISTIQUES ET TENDANCES DES PRINCIPAUX MARCHES MONDIAUX DE PRODUITS ET SERVICES

1. L'originalité de l'électronique est qu'elle a fondé sa croissance à la fois en élargissant les marchés existants et en augmentant les applications possibles de cette technologie. L'électronique grand public (E.G.P.), dominante jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale, prend une part de plus en plus restreinte dans la production mondiale d'électronique au profit des biens d'équipements industriels.

2. Avec une part significative du P.I.B. des principaux pays industrialisés, l'électronique est devenue une industrie majeure. Mais les bouleversements technologiques, impulsés par la diminution de la taille et du prix des composants actifs, ont amené une segmentation très importante des grands marchés au sein desquels des niches apparaissent (et d'autres disparaissent).

3. Dans l'informatique, les producteurs d'ordinateurs universels et de mini-ordinateurs voient dans leurs positions remises en cause par la diffusion massive des micro-ordinateurs. Notamment depuis que la puissance de ces derniers a rejoint ou dépassé celle des mini-ordinateurs classiques. Tandis que les mini, eux-mêmes, venaient empiéter sur les ordinateurs de grande ou très haute puissance.

4. Comme l'informatique, l'industrie du logiciel est bouleversée par la modification du "hardware". Disposant de méthodes de production archaïques, elle ne dégage pas de gains de productivité, de telle sorte que le logiciel absorbe une part croissante du coût de fonctionnement des systèmes. En outre, avec la montée en puissance du matériel, les systèmes d'exploitation (S.E.) traditionnels deviennent obsolètes, incapables de gérer les fonctions nouvelles et la mémoire centrale nécessaire. Afin d'améliorer la compatibilité entre les générations d'ordinateurs et de garantir la transportabilité des logiciels, les constructeurs s'orientent de plus en plus vers UNIX. Les langages eux-mêmes deviennent périmés. FORTRAN, COBOL, BASIC sont abandonnés pour LISP ou PROLOG, surtout dans le domaine des systèmes experts.

5. Dans les télécommunications, la révolution est constituée par la mise en place du Réseau Numérique à Intégration de Services (R.N.I.S.). Ces réseaux permettront de transmettre voix, données et images à 144 Kbits par seconde (b.p.s.). La communication des données a donc engendré la redéfinition du réseau. Simultanément, des multiplexeurs de plus en plus rapides sont utilisés pour transmettre les données par le réseau classique pour un coût moindre. Mais ces normes sont déjà bousculées par les techniques de compression/décompression du signal (C.O.D.E.C.) qui permettent de commuter et transmettre des données à 64 kbps, dévalorisant du même coup la norme R.N.I.S. ou les fibres optiques.

6. En mécatronique, le marché balbutiant prend un essor depuis que la General Motors a défini un protocole de communications entre les éléments de l'atelier flexible. Ce protocole M.A.P. devrait emporter l'adhésion de tous les constructeurs d'ici à 1995 et stimuler le marché de la C.A.O./P.A.O., désormais intégré totalement à l'usine et dont les systèmes utilisent, dans la plupart des cas, UNIX.

7. Maintes fois stagnante, soumise à la conjoncture économique au même titre que les biens d'équipement, l'E.G.P. a retrouvé un second souffle au début des années 80, avec le C.D. et le magnétoscope. Les perspectives sont encourageantes, avec la domotique, c'est-à-dire l'intégration dans la maison intelligente de toutes les fonctions domestiques, collectivement gérées par une unité centrale. A court terme, les principaux effets de relance proviendront de la numérisation de la T.V. avec le développement de la T.V. à Haute Définition (T.V.H.D.), mais ils proviendront aussi des débouchés offerts à l'électronique par les produits blancs qui intégraient jusqu'à présent peu d'électronique.

8. Très cyclique, l'industrie des semi-conducteurs (S.C.) est un enjeu stratégique considérable. L'intense concurrence qui s'exerce sur les marchés standards amène les fabricants à essayer de se replier sur les marchés des S.C. à la demande (A.S.I.C.), moins concurrentiels et dont la croissance attendue est considérable. A côté de cela, les microprocesseurs subissent eux aussi d'importantes modifications au niveau du matériel (passage du 16-bit au 32-bit) comme du logiciel pour leur jeu d'instruction (R.I.S.C. ou C.I.S.C.).

RESUME DU CHAPITRE VI

OBSTACLES ET POSSIBILITES D'ACTION POUR PROMOUVOIR LA PRODUCTION ELECTRONIQUE DANS LE TERS-MONDE

1. Participation trop restreinte à la production électronique mondiale

1. Les pays d'Amérique Latine et d'Asie, ceux d'Afrique du Nord sont pour la plupart producteurs et certains exportateurs de biens électroniques, bien que cette industrie soit encore jeune et alors qu'une situation similaire avait demandé cent cinquante ans pour apparaître dans le monde. Toutefois, la participation des Tiers-Nations à la production électronique mondiale paraît trop restreinte.

1.1. Différenciation multinationale vers les bas salaires : emplois et services

1.1.1. La Nouvelle Division Internationale du Travail

2. Les analyses ont cru percevoir, dans les années soixante-dix, une nouvelle division internationale du travail entraînant la production vers les pays à bas salaires pour être ensuite exportée vers les pays industrialisés.

1.1.2. Les installations "off-shore" des firmes multinationales

3. Les firmes ont délocalisé leurs productions en s'installant "off-shore" pour ce qui est des industries fortement intensives en travail, ce qui était le cas notamment de la fabrication des semi-conducteurs dans l'industrie électronique.
4. En 1965, plus de trente ans après l'implantation de Fairchild à Hong-Kong (1962), un tiers des emplois pour les firmes américaines de semi-conducteurs se trouve "off-shore".

1.1.3. Les incitations publiques sous formes d'exportation et tarifs spéciaux d'importation

5. Une zone de production sous douane en territoire mexicain a commencé d'être fabriquée en 1963 des entreprises maquiladoras offrant des emplois et des devises au Mexique et des coûts salariaux très réduits aux Etats-Unis, tout en facilitant les relations frontalères. Cette zone a été bientôt utilisée par l'électronique et a fonctionné grâce à la réglementation spéciale de la zone et au régime douanier américain (tarifs 806-807).
6. Ces tarifs 806-807 ont été particulièrement utilisés par les Etats-Unis pour leurs importations de semi-conducteurs (pour les trois quarts du total) et ceci est à l'origine de la production électronique de nombreux pays du Tiers-Monde (tableau VI-1 : Les échanges nord-américains de semi-conducteurs et les tarifs 806.30 et 807.00 (1966-1983)).
7. La C.E.E. a mis en place un tarif de perfectionnement passif, mais il est beaucoup moins utilisé que celui des Etats-Unis comme le montre les exemples de la France et de la R.F.A.
8. Globalement, il s'est cependant produit un redéploiement international d'activités qui est l'une des sources de la participation des Tiers-Nations à la production électronique mondiale (Tableaux VI-2 : Evolution des importations après perfectionnement passif de la France en provenance des pays en voie de

développement ; et VI-3 : Echanges d'appareils électriques et électroniques après perfectionnement passé en 1963 - France et R.F.A.)

1.2. Intensification du recours aux produits électroniques : acheter ou fabriquer ?

1.2.1. Une consommation spontanément croissante d'électronique dérivée de besoins

9. Les téléviseurs, les télécommunications et les ordinateurs forment trois postes de consommation croissante qui gonflent les importations. Faut-il acheter ou ne doit-on pas, quand la taille du marché intérieur est significative, produire ?
10. Les systèmes de télédiffusion se généralisent et la progression du taux d'équipement a été spectaculaire tout dans les pays industrialisés que dans les Tiers-Nations entre 1965 et 1982. En Amérique du Sud, une grande partie des téléviseurs ont été au moins montés sur place (tableau VI-4 : Evolution du taux d'équipement en téléviseurs).
11. On peut noter de manière générale une frénésie de consommation d'électronique de loisir.
12. C'est une consommation privée, mais en matière de télévision, le monopole public fait que la décision gouvernementale d'installer un système de télédiffusion engage tout un processus d'accès progressif du plus grand nombre à l'achat d'un téléviseur. La décision est en partie liée à l'idée d'utiliser la télévision pour renforcer l'autorité publique grâce à son pouvoir de conviction supposé.
13. Ce sont aussi les pouvoirs publics, mais pour des raisons d'intérêt général, qui décident de créer une infrastructure de télécommunication, rattachée à une infrastructure régionale et raccordée au réseau international. Le choix de s'équiper amène en général à importer.
14. L'évolution du besoin de télécommuniquer semblait étroitement corrélée avec le niveau de P.N.B. par habitant. La croissance économique allait donc de pair avec l'essor des télécommunications, mais l'intensité du besoin s'est accrue et le marché des télécommunications devrait se développer beaucoup plus vite comme en témoignent les plans d'équipement très ambitieux d'un grand nombre de pays (tableau VI-5 : Relation entre le nombre de téléphone par habitant et le PNB par habitant pour 1978).
15. L'Etat, partout, s'informatise. Les organisations internationales poussent à cette informatisation et offrent une assistance technique pour la développer (Tableau VI-6 : Tableau ASYCUDA de la CNUCED).
16. Les projets d'informatisation portent aujourd'hui sur des micro-ordinateurs.
17. Les micros prolifèrent non seulement dans les administrations mais aussi dans le secteur privé de la plupart des pays du Tiers-Monde.

18. Télévision, téléphonie et informatique amènent dans la plupart des pays de fortes hémorragies de devises quand il n'est pas possible de produire localement.
 19. Est-il possible d'ailleurs d'être un bon utilisateur sans être producteur ? La réponse n'est pas négative en électronique grand public, peut-être également pour la micro-informatique ; si les composants importés sont disponibles, une maintenance locale est possible.
 20. En revanche, dans les moyens et grands systèmes informatiques, des problèmes difficiles se posent : sous-utilisation, pannes très longues et pour l'administration une véritable dépendance vis-à-vis des producteurs étrangers. Cela incite à l'emploi de micro-ordinateurs et à en promouvoir la fabrication locale.
 21. Pour le moins, les décisions d'achat et d'utilisation doivent être éclairées par une structure réunissant un minimum de nationaux disposant d'un savoir technico-industriel de base.
 22. Dans les télécommunications, on procède à des appels d'offres internationaux qu'il faut entourer de consultations minutieuses.
 23. Les infrastructures mises en place ne peuvent se dispenser d'un service efficace de maintenance pour lequel il faut obtenir la formation d'un personnel local. Une taille de marché importante peut permettre à l'occasion d'un programme d'équipement d'obtenir la création d'une unité de montage, voire de production de composants qui faciliteront la maintenance.
- 1.2.2. Une volonté émergeante de transformation technologique à l'aide de l'électronique
24. Les pouvoirs publics peuvent avoir par ailleurs des raisons de promouvoir l'utilisation de l'électronique.
 25. Depuis peu, depuis les débuts des années soixante-dix, s'est développée l'idée que l'électronique constitue une technique indispensable à toute stratégie d'industrialisation.
 26. Le monde industriel passant à l'âge de l'électronique, les analystes, d'abord réticents, en sont venus à considérer la nécessité d'un pluralisme technologique d'une perspective d'acceptation du changement technologique pour les pays du Sud.
 27. Les pays concernés, le groupe des 77 de la CNUCED, a pris une position claire en 1986 et l'industrialisation paraît devoir résulter d'un processus de transformation technico-industrielle devant prendre appui sur les technologies de pointe et par suite de l'électronique (tableau VI-7 : Extrait du "Schéma préliminaire de la stratégie pour la transformation technologique des pays en développement", document groupe des 77 (TD/3/C6/L-73)).
 28. L'emploi de l'électronique doit donc contribuer, dans cette perspective, à la modernisation des activités productives. Dans la mesure où toutes les activités sont

touchées et risquent le déclassement, la promotion de l'emploi de l'électronique risque de peser lourdement sur la balance des paiements.

29. Peut-on bien employer l'électronique et ne pas la produire, ceci est tout à fait illusoire quand il s'agit d'un emploi destiné à faire passer l'appareil de production à l'âge de l'électronique.
30. La recherche d'une stratégie efficace d'industrialisation exige donc une participation accrue des Tiers-Nations à la production électronique mondiale.

13. Des avantages comparatifs aux lois du système industriel mondial

13.1. Les limites objectives de l'avantage en coût salarial

31. Si dans un pays du Tiers-Monde, la monnaie internationale, le coût salarial est relativement faible, c'est que les autres composantes du coût de production d'un bien sont en revanche beaucoup plus élevées que dans les pays industrialisés.
32. Pour participer plus fortement aux fruits de l'expansion mondiale, il faut élever le niveau de salaire en monnaie internationale, la compétitivité passe donc par une amélioration sur les autres composantes du coûts global.
33. Ceci nous éloigne des analyses en termes de coûts comparatifs et nous amène sur le terrain de la productivité : n'y a-t-il pas des avantages spécifiques de productivité détenus par les pays industrialisés ?
34. Dans des conditions générales inchangées, les pays à bas salaire restent attrayants pour les industries les plus intensives en main-d'oeuvre.
35. Si l'industrie électronique n'est plus à ranger parmi ces industries, les pays, qui n'ont par ailleurs enregistré aucun changement sur les domaines autres que le coût salarial, n'attirent plus de délocalisation en électronique.
36. C'est que l'avantage en coût salarial ne promet pas une industrie particulière.
37. Il faut offrir autre chose pour attirer des investissements étrangers dans la production électronique, en particulier l'existence d'avantages spécifiques de productivité.
38. Dans le cadre d'un raisonnement classique en termes d'avantages comparatifs, il faudrait envisager un retour vers les pays industrialisés des industries auparavant délocalisées, sauf rares exceptions, en particulier pour les cas de production destinée aux marchés intérieurs locaux et où la proximité constitue un avantage commercial spécifique important.
39. En fait, les mouvements de délocalisation ont pu s'accompagner de la création d'effets dynamiques créateur d'avantages spécifiques pour le pays d'accueil, en particulier par l'amélioration du niveau des compétences industrielles locales.

40. On peut citer l'exemple des salaires élevés de Singapour, le mouvement d'automatisation locale et de création de centres de Recherche et Développement au coeur même des maquiladoras mexicaines, tous lieux où se sont ainsi développés des avantages spécifiques que ne peuvent percevoir les analyses en termes d'avantages comparatifs.
41. D'où la nécessité d'analyser le fonctionnement d'une industrie insérée dans le système industriel mondial où se définissent les règles permettant ou non de participer de manière croissante à la production mondiale.

1.3.2. Les difficultés de maîtrise dans une industrie mondiale de haute technologie

42. L'industrie électronique est devenue une industrie de haute technologie avec des activités de Recherche et Développement de plus en plus importantes.
43. Elle exige une main-d'oeuvre très qualifiée, l'emploi de machines automatiques, la mise au point de logiciels.
44. Un savoir-faire spécifique de nature fortement évolutive et cumulative constitue ainsi une importante barrière à l'entrée.
45. Les interactions technico-industrielles multiples exigent pour toute production électronique son insertion dans un tissu industriel étoffé que n'offrent pas beaucoup de Tiers-Nations.
46. La barrière à l'entrée technico-financière est commerciale et également très élevée.
47. Enfin, l'industrie électronique mondiale constitue un domaine internationalement très convoité avec des marchés très concurrentiels.
48. Aussi, peut-il être tentant de se tourner vers les quelques rares facilités offertes par cette industrie.

1.3.3. Les facilités d'insertion dépendante dans le montage et le coplage

49. Sous certaines conditions, il est possible de procéder à des productions locales après désosage et copiage de nombreux matériels d'électronique.
50. Le montage plus complexe reste possible pour un marché intérieur suffisant dans le cadre d'accords avec l'opérateur maîtrisant la production.
51. La normalisation internationale ou, au contraire, la spécification nationale, peuvent constituer également des facilités d'entrée dans la production électronique.
52. Toutefois, ces facilités sont dépendantes et ne peuvent suffire à transformer et à industrialiser. Il y a donc lieu d'envisager une véritable stratégie d'entrée dans l'électronique.

2. Pour une stratégie industrielle d'entrée dans l'électronique

2.1. Quel(s) lien(x) d'entrée ?

2.1.1. Examen critique des réponses simplistes : logiciel et ASICs

53. Les pays du Tiers-Monde auraient un avantage comparatif dans la production de logiciels.
54. Une main-d'oeuvre qualifiée abondante permettrait de développer des logiciels sans production de matériels.
55. En fait, la main-d'oeuvre qualifiée n'est pas vraiment abondante et seuls les logiciels d'application peuvent se concevoir en dehors de la production de matériels, mais avec leur utilisation.
56. Même un pays comme l'Inde n'a que des perspectives modestes et les plus remarquables sont liées au soutien d'une firme multinationale étrangère qui produit des matériels.
57. De fait, les barrières à l'entrée sont très significatives.
58. On peut l'illustrer dans le domaine des logiciels pour micro-ordinateurs.
59. L'option logiciel est donc difficile et peu optimale pour une stratégie industrielle.
60. Une autre option est celle de la conception des ASIC's, des circuits intégrés de haute technologie dans une version simplifiée et sans leur fabrication.
61. Les montants d'investissements nécessaires restent cependant considérables et les niveaux de formation à atteindre très élevés.
62. L'idée de séparer l'activité logicielle de l'activité des conceptions semble tout à fait illusoire.
63. Logiciels et "Asics" constituent donc des réponses trop simples à une question difficile.

2.1.2. Exigences de focalisation-articulation

64. Les interconnexions multiples au sein de l'électronique incite par un raisonnement d'ingénieur à être présent partout.
65. Le repli sur le fondement micro-électronique ou la mise à l'écart vers les logiciels ne règlent par le problème posé.
66. Il faut chercher un maillon faible pour une maîtrise future. C'est l'exigence de focalisation.

67. De ce point, on privilégiera certaines des articulations qui le concernent.

2.1.3. Exigence de niveaux de complexité

68. L'entrée dans un domaine de haute technicité fait apparaître trois étapes : capacité de mise en oeuvre de la technique pour produire, compréhension globale des processus à utiliser, maîtrise technologique.
69. Testation de progresser par intégration verticale.
70. Réaliser un système qui articule un constituant déjà réalisé et d'autres de même niveau forme une autre voie de progression.
71. Tout dépend du niveau de complexité. Outre la progression par intégration et par extension, il est encore possible de progresser latéralement.
72. La gradation des niveaux de complexité peut être illustrée par celle que révèle très globalement la hiérarchie internationale.
73. Exemple de cette gradation : les difficultés rencontrées dans les systèmes informatiques ou de télécommunications.
74. Cette gradation s'applique également aux questions de maintenance (tableau VI-8 : Evaluation des niveaux de la complexité et d'accessibilité de la production électronique selon les niveaux de développement de : pays).

2.2. Quelques factures ?

75. Ne pas réinventer la roue.

2.2.1. Le recours à la technologie étrangère

76. La dépendance technologique est bien réelle face à des entreprises soucieuses de conserver leurs avantages spécifiques. Mais les Tiers-Nations ne sont pas les seuls : en 1982-83, le Japon a un déficit d'échange international de licences de plus de 11 milliards de dollars !
77. Le recours à la technologie étrangère peut emprunter la logique de la concurrence ou celle de la coopération.
78. Les "technologies" ne sont pas seulement vendues sur le marché, elles sont pour certains de leurs constituants des biens libres.
79. De la veille technologique à l'achat de licence, un mode d'emploi pour une acquisition rationnelle.
80. Quelques exemples où ce mode d'emploi a donné des résultats intéressants.
81. La coopération internationale peut se développer avec des firmes privées.

82. La coopération inter-étatique est assez fournie entre pays industrialisés et pays du Sud.
83. et 84. La coopération Sud-Sud et la coopération régionale, organisée ou non par les institutions internationales, n'a encore obtenu que des résultats modestes.

2.2.2. La recherche du niveau de compétitivité mondiale

85. A côté des éléments plus techniques, il faut considérer des éléments plus industriels et commerciaux.
86. Même pour un composant simple, il y a lieu de rechercher un niveau de compétitivité mondiale.
87. Cela pose le problème du choix des opérateurs et éventuellement de leur nombre.
88. Ce nombre est lié au potentiel de ressources existant et au marché prévisible du bien à produire.
89. L'exigence de mise à niveau de compétitivité mondiale s'explique en particulier par les multiples interrelations au sein de l'électronique qui peuvent alors constituer un avantage.
90. Pour les cas d'exportation, l'exigence est évidente.
91. La recherche de mise à niveau de compétitivité mondiale peut aller jusqu'à l'investissement direct dans les pays industrialisés (Corée) (Tableau VI-9 : L'Investissement à l'étranger de l'électronique grand public coréenne).

2.3. Quelle problématique ?

92. Il faut préciser une problématique puisque les choix de stratégie ne peuvent l'être au-delà de ce qui a été fait.

2.3.1. Rejeter la dépendance misérable et l'indépendance sordide

93. Echapper aux clivages traditionnels.
94. S'ouvrir sur le reste du monde.
95. Peut amener une situation de dépendance misérable, mais prendre la contrepartie risque d'amener à une indépendance sordide.
96. Cela résulterait d'une volonté de se fermer du reste du monde.
97. Un schéma montre l'orthogonalité des logiques du système industriel mondial et des systèmes socio-économiques nationaux (tableau VI-10 : L'orthogonalité du système industriel mondial et des systèmes socio-économiques nationaux).

98. Il faut donc s'essayer à articuler ces logiques.

2.3.2. Articuler une dynamique sociale sur le Système Industriel Mondial

99. Toute stratégie réussie porte à la fois une marque nationale, celle de son système socio-économique national, et une date, correspondant à l'état, à ce moment, du système industriel mondial.
100. Le critère important est celui de l'élévation de la capacité technico-industrielle du plus grand nombre. Le point délicat : enclencher une dynamique sociale endogène.
101. Il faut donc s'efforcer d'organiser une ouverture modulée et sélective sur une cible judicieusement choisie de l'industrie mondiale.
102. Le processus de rattrapage technico-industriel d'une électronique mondiale et, plus globalement, du système industriel mondial très évolutif, ainsi que l'élévation progressive des capacités nationales sont les formes de transformations sociales importantes dont la gestion difficile est du ressort d'autres disciplines que la nôtre.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'EVOLUTION TECHICO-INDUSTRIELLE MONDIALE

1. Définition technique Industrielle de l'Évolution

1.1. La technique

1. Quel est l'objet d'analyse constitutif de "la technique" ? A l'évidence ce qui est technique se matérialise par un objet concret et ses modes de création et d'utilisation : l'objet technique élémentaire, c'est l'outil. Depuis l'âge de la pierre, du silex taillé, l'évolution a été telle que la référence à une technique particulière ne peut plus, aujourd'hui, se réduire à la définition d'un outil simple.

2. Plus particulièrement, depuis l'essor accéléré de la créativité technique à partir de la fin du 18^e siècle, toute entité reconnue et dénommée technique recouvre en fait un ensemble, une combinaison de techniques élémentaires. Cette multiplicité à une réalité en fait très ancienne. Par exemple au néolithique la technique du revêtement de plâtre est acquise, elle exige cependant déjà la maîtrise et la combinaison de nombreuses techniques élémentaires : repérer le gypse, le faire éclater par le feu, réaliser un mélange en bonnes proportions de la poudre avec de l'eau pour assurer la recristallisation, l'appliquer au bon moment avec la bonne méthode... Il est donc préférable de considérer le concept de complexe technique dans la définition qu'en a donnée B. GILLE (1978, p. 17) : *«des techniques affluentes dont l'ensemble, dont la combinaison concourt à un acte technique bien défini. L'acte technique est à la fois création du complexe technique et utilisation, activation de ce complexe au bénéfice de l'acteur, l'Homme, et au détriment de l'environnement sur lequel il agit, la Nature.*

3. La technique est une sorte de coin à trois dimensions que l'Homme enfonce dans la Nature. Ces trois dimensions correspondent aux trois lignes que l'action humaine intelligente doit emprunter pour obliger la Nature à servir l'Homme : avec une certaine force exercée sur la matière, d'un déplacement physique, plus largement informationnel, l'Homme transforme la Nature à son profit. Sans toujours expliciter ce qui en constitue l'unité, on invoque fréquemment, de manière au moins séparée, ces trois dimensions en les appelant ENERGIE, MATERIAU, COMMUNICATION. L'histoire a vu ces trois dimensions contribuer à une maîtrise, une transformation plus étendue, plus profonde, plus précise de la nature avec des effets corollaires de taille, à la fois gigantisme et miniaturisation, et de maniabilité, à la fois câblage et rapidité d'exécution, le tout habituellement résumé par un accroissement relatif de puissance.

1.2. De la technique à l'industrie

4. La puissance technique constitue donc un potentiel de transformation de la nature qui, selon l'usage plus ou moins étendu des complexes techniques qui la composent, se traduit en puissance industrielle de production. L'acte technique n'est accompli que dans la concrétisation de la production d'un objet destiné à procurer une satisfaction. En ce sens, la technique est indissociable de l'industrie, celle-ci constituant la mise en oeuvre de la technique pour produire. Cette relation étroite entre technique et industrie ne pose pas de problèmes aux temps les plus anciens où l'on emploie de manière indifférente le terme "industrie" ou celui de "technique" pour qualifier telle ou telle sous-période du paléolithique ou du néolithique.

5. En revanche, pour des raisons liées au contexte des temps plus récents (1) il est nécessaire de préciser le contenu de cette relation étroite entre technique et industrie, et, en premier lieu, de souligner l'existence d'un champ, certes délimité, mais effectif, d'autonomie pour le dynamisme de la création technique. Cette autonomie est servie principalement par la curiosité "gratuite" et systématique, par la volonté de trouver mieux. Prenant appui sur le bagage technique existant dans un complexe, mais aussi dans d'autres complexes, la créativité technique s'exprime par l'amélioration des techniques existantes, par la superposition de nouvelles techniques ou par la substitution à certaines techniques d'autres techniques, nouvellement imaginées ou empruntées à différents complexes techniques. Sans qu'il soit besoin de sollicitations précises extérieures à un complexe technique donné, une tendance lourde à la recherche d'améliorations techniques sous-tend le dynamisme de la création technique dans chacun d'entre eux.

6. Cette dynamique endogène à la technique s'inscrit sur des lignes privilégiées d'évolution que les historiens des techniques ont pu repérer. A la suite des travaux de J.L. MAUNORY (1968) sur la genèse des innovations, les deux principaux historiens français des techniques soulignent, pour l'un, un mode de création technique avec des affiliations par lignes (M. DAUMAS, 1979, p. XVI), pour l'autre, le fait que l'innovation « se situe dans une ligne technologique déterminée » (B. GILLE, 1978, p. 40). Ex post l'historien peut reconstruire ce qu'il est possible de dénommer une véritable généalogie des techniques.

7. Toutefois, pour dépasser la simple description de cette généalogie qui apparaît, sans grille de lecture, comme un superbe enchevêtrement, il faut se doter de quelques concepts. En premier, celui de techniques-mères, celles qui sont particulièrement prolifiques. C'est par exemple l'ensemble cylindre-piston : de la pompe à eau à la machine à vapeur, en passant par la pompe à air pour aller vers les moteurs à combustion interne, on trouve une progéniture progressive à partir d'un même principe technique. Autour d'une technique-mère s'organise un complexe technique toujours plus élaboré, faisant appel à de multiples techniques affluentes.

(1) Ceci est explicité plus loin, paragraphe 14.

8 En second, il faut considérer le concept de trajectoire technique ; on peut le trouver dans plusieurs travaux du SPRU (Sussex, G.B.), mais il correspond directement à la "ligne technique" reconstruite bien plus tôt dans les travaux des historiens français (2). Ce concept souligne l'existence d'une certaine autonomie ou, dit autrement, d'un minimum de déterminisme lié à la fois à la structure, encore mal connue mais préexistante, de la Nature dans laquelle on veut enfoncer un coin "amélioré", et à l'état actuel du coin. Ceci détermine à un moment donné des directions privilégiées d'évolution : l'indétermination n'est pas totale et des choix totalement extérieurs pour orienter l'évolution technique sont susceptibles d'être aberrants (cf Lyssenko).

9. Il est clair que les techniques-mères se développent elles-mêmes sur des trajectoires techniques qui peuvent être multiples, liées au complexe technique qu'elles organisent et donner lieu, à des moments historiques successifs et plus ou moins distants, à de véritables grappes d'innovations techniques selon le très ancien concept de J. SCHUMPETER (1912). Ainsi, pour reprendre l'exemple cylindre-piston, on peut souligner la multiplicité des trajectoires techniques des moteurs à combustion interne et la grappe moteurs à gaz, moteurs à essence, moteurs diesel ; pour celui de la fonte, les fours Thomas, Martin et le convertisseur Bessemer.

10. Enfin, il faut se doter du concept de fluidité (3) d'une technique. Certaines trajectoires techniques peuvent amener une technique-mère à engendrer des techniques qui deviennent affluentes pour une très grande variété de complexes techniques existants. B. GILLE (op. cit.) parle de diffusion et de transfert technologiques, M. DUMAS (op. cit.) de fluidité qui les rend aptes à investir l'ensemble des complexes techniques. Cette fluidité constitue un facteur puissant d'homogénéisation de l'ensemble des complexes techniques, ensemble qui, s'il était doté d'une véritable autonomie d'évolution, pourrait être érigé en système technique (4).

1.3. Des progrès techniques au progrès technologique

11. En fait, l'évolution technique passe nécessairement par son interaction avec l'industrie, puisque, comme il a déjà été précisé, technique et industrie sont indissociables (cf 4). Le complexe technique n'existe pleinement qu'activé et l'activation de ce complexe

(2) B. GILLE a même parlé de filère technique. On ne reprendra pas ce terme pour deux raisons : 1) il s'a pas de traduction précise ni en anglais ni en espagnol ; 2) il est souvent confondu avec filère de production (ou de transformation productive).

(3) Le terme peut être traduit en anglais par "pervasiveness".

(4) Ce que croit d'ailleurs pouvoir faire B. GILLE mais sans se référer à une définition du concept de système conforme à l'analyse systématique.

technique se traduit par un acte de production, un acte industriel. L'homogénéisation de l'ensemble des complexes techniques et leur progrès passent certes, pour une proportion non négligeable, par la comparaison des performances techniques qui suscite le transfert de nouvelles techniques affluentes. Mais cela transie bien plus encore par la résolution de tensions révélées entre les actes industriels que permettent les différents complexes techniques.

12. Ces tensions peuvent consister en des distorsions de quantité ou de qualité. Prenons un exemple d'actes industriels assez proches où les tensions et leur caractère stimulant sur le progrès technique sont évidents. Au début du 19^e siècle, la firme britannique Horrocks Miller et Co à Preston occupait dans le coton 700 fileurs dans quatre usines et 7 000 tisserands à domicile : la distorsion de quantité ou de productivité révèle le retard de la technique du tissage sur celle du filage ; une compensation est obtenue par la multiplication des lieux productifs, mais tandis que la nouvelle organisation de mise en oeuvre de la technique du filage semble plus intéressante à certains, la pression du progrès dans la technique du tissage est beaucoup plus forte que celle qui résumerait d'une situation "d'autonomie". A la même époque, le blanchiment des toiles présentait lui aussi un retard difficile à compenser car l'acte technique exigeait pour sa mise en oeuvre des quantités de lait, des étendues de pré et des journées d'ensevelissement toujours plus considérables. De la même manière, les distorsions de qualité ne sont pas, en règle générale, compensables. Toujours dans ce même domaine économique, on devrait noter l'insuffisance des techniques d'impression des toiles. Ainsi, ici et là des stimulants industriels forts à la création technique tendent à focaliser les tentatives. Sans déterminer l'évolution technique, ils incitent donc à s'occuper plutôt de faire progresser tel complexe technique que tel autre, voire même à mettre en place l'emploi de telle amélioration plutôt que telle autre, procédant ainsi à une sélection des techniques (A. MOUNIER, 1974).

13. Au-delà de cet exemple, il faut donc convenir que les interactions entre les actes industriels (5) et les tensions qui peuvent y naître nourrissent de manière considérable les interactions entre les complexes techniques qui les sous-tendent et constituent donc un facteur fondamental d'homogénéisation. L'ensemble des complexes techniques s'homogénéisent et évoluent l'occasion de leur mise en oeuvre interactive par l'industrie, c'est donc l'existence d'un système technico-industriel qu'il faut concevoir. L'ensemble des cohérences et des liaisons qui viabilisent un système concerne les techniques et leur mise en oeuvre et ce que décrit B. GILLE (op. cit., p. 19) est bien l'ébauche d'un système technico-industriel.

(5) Rappelons (cf 4.) que l'acte industriel se concrétise dans la production d'un objet procurant une satisfaction, qui lui reconnaît une valeur sociale. Ceci évidemment plonge tout acte industriel dans une réalité sociale plus large. Nous n'examinerons pas ici cette relation, nous l'avons fait ailleurs (cf par exemple HUMBERT, 1988 8).

14 En outre, il faut noter depuis la fin du 19e siècle une nouvelle tendance à fonder en un même ensemble technique et industrie, celle-ci absorbant bientôt celle-là. Dans les temps reculés, l'acte de création technique s'élabore simultanément à l'acte industriel de production. L'essor de la pensée rationnelle va, en particulier chez les Grecs, puis en Europe, à partir certes du 13e siècle mais surtout du 17e, investir le domaine de la technique. De la philosophie à la mathématique, l'extension de l'objet d'une pensée rationnelle, avec A. de LAVOISIER (1743-1794) par exemple, nous fait passer de l'alchimie à la chimie. On pourra donc voir cohabiter de manière assez indépendante pendant quelques siècles, d'un côté des savoir-faire techniques un art de produire des techniciens, et d'un autre des savoirs scientifiques, des inventions et des inventeurs. Cette séparation entre savoir-faire et savoir scientifique s'accompagne d'un décalage chronologique des progrès entre ces deux types de savoir pour des objets concrets identiques. On a souvent souligné que les inventions ou les découvertes des savants (l'électricité par exemple) devaient attendre pour être appliquées que les conditions techniques le permettent, réciproquement, on a su illustrer la mise en oeuvre d'innovations sans savoir scientifique : la machine à vapeur fonctionna bien avant que CARNOT exprime les principes de la thermodynamique.

15 L'interaction entre ces deux ordres de savoir saura cependant s'installer et devenir féconde. Au 19e siècle, les progrès dans le blanchiment et l'apprêt des toiles seront dus aux chimistes et en particulier à leur découverte du chlore, tandis que l'essor du complexe de la fonte, des cokeries à la distillation de la houille, offrira aux savants de cette discipline la naissance de la chimie organique. Au 19e siècle, va se réaliser progressivement la convergence entre les domaines de la technique et de la science, convergence dans leur mise au service de l'homme par l'intermédiaire de l'industrie. A titre d'exemple concernant les prémises de cette convergence, citons le fait que BERTHOLLET, chimiste français, ait été nommé en 1784 directeur des teintures de la célèbre Manufacture des Gobelins et qu'il ait, outre ses nombreux travaux scientifiques, publié en 1794 un ouvrage intitulé "*Eléments de l'art de la teinture*". C'est la véritablement un des premiers exposés de technologies, c'est-à-dire une analyse et une réflexion scientifiques sur un ensemble de techniques et leur emploi pour des actes industriels. Le savoir-faire devient intimement lié à la science, la science au faire, le progrès technique se fonde dans le progrès technologique. Dans le même temps l'importance de l'organisation des actes industriels l'amène à rechercher la maîtrise, ou tout au moins la stimulation et la sélection du progrès technologiques. Ainsi, par exemple, «*En silérumie, on sait que c'est la femme Hottzer qui, avec Bousinbaum et Burstein, organisa, en 1869, le premier laboratoire d'usine destiné à créer les premiers aciers spéciaux*» (op. cit., p. 74). Ainsi la technique se trouve quasi absorbée par l'industrie et justifie définitivement le concept de système technico-industriel (6).

(6) Toutefois l'autonomie du technique par rapport à l'industriel, définie au paragraphe 5, évidemment demeure, comme en témoignent les fréquents reproches au sein des entreprises, que les opérations de l'industrie adressent aux chercheurs des laboratoires qu'ils trouvent trop peu préoccupés des problèmes industriels.

14. Les trois âges du système technico-industriel

16. Un système technico-industriel stable se fonde ainsi sur un ensemble homogénéisé et viable de complexes techniques ; viable doit être entendu au sens où les tensions qui peuvent apparaître entre les multiples actes industriels trouvent une résolution au sein de cet ensemble. Au cœur de tout système technico-industriel se trouve, au moins depuis le 19e siècle de manière certaine, "la machine" et non plus le simple outil, c'est avec elle qu'il faut engager l'opération essentielle de transformation de la nature avec les trois dimensions déjà repérées : énergie, matière, communication. L'être industrielle est celle de la machine. La machine, élément-clé de la transformation de la nature par l'homme, se trouve être ainsi le point cible d'une accumulation pour produire plus d'objets de manière plus efficace et le support technique autour duquel l'industrie organise la production. Cette machine doit évidemment s'intégrer au sein d'un système technico-industriel stable. Un tel système correspond à une situation homogénéisée de l'ensemble des complexes techniques, ce qui s'obtient par la résolution des éventuelles tensions entre les multiples actes industriels.

17. Mais il faut noter aussi que l'ensemble des complexes techniques peut se trouver en attente d'une nouvelle homogénéisation quand apparaît en un point quelconque de cet ensemble une technique à très haute fluidité. En effet, celle-ci est susceptible de provoquer la recombinaison efficace d'un très grand nombre de complexes techniques. Une telle technique constitue un point de commande sur le système technique industriel : en tant que facteur d'homogénéisation et de viabilisation de l'ensemble des complexes techniques, le temps de sa prééminence est aussi celui d'une stabilisation du système technico-industriel recomposé.

18. Depuis l'avènement de l'ère industrielle au début du 19e siècle, nous distinguons trois âges du système technico-industriel (cf HUMBERT, 1984, p. 74 et sq). Le premier âge est celui de la vapeur. C'est l'introduction d'une énergie artificielle qui va servir le moteur à vapeur pour actionner les machines et dont le principe technique est celui que l'on trouve encore dans les moteurs à essence. Le nombre de chevaux-vapeur dont dispose une nation sera l'aune avec laquelle on mesurera sa place dans la hiérarchie industrielle des nations. Les machines à vapeur pénètrent l'ensemble des activités industrielles, la vapeur est incontestablement le point de commande du premier système technico-industriel. Sa construction se réalise à la fin du 18e siècle, date des inventions majeures (1787). C'est l'époque de l'industrie naissante avec une machine qui devient le produit d'une véritable industrie autonome, l'industrie mécanique. Jusqu'alors les machines liées à l'industrie étaient construites sur le lieu de la production et de manière spécifique : ce sont les moulins (en anglais, "factory" et "mill" seront synonymes).

19. La vapeur reste employée fort longtemps, jusqu'au début du XXe siècle, toutefois un saut technique, dans un nouveau domaine qui va se révéler de très haute fluidité, va se produire au milieu de la deuxième moitié du 19e siècle. C'est à ce moment

qu'un matériau connu depuis fort longtemps, l'acier, et dont la fabrication a été l'objet de nombreuses améliorations successives va prendre sa véritable dimension. Les inventions de Bessemer (le convertisseur de 1856), de Thomas (convertisseur basique de 1879) et de Martin (four de 1865) amènent les procédés qui resteront ceux employés exclusivement jusqu'au milieu du XXe siècle et qui vont permettre une montée en puissance et en qualité de l'activité sidérurgique. Cette qualité sera renforcée avec l'essor des aciers spéciaux, au chrome (1877), au manganèse (1882), au nickel (1888), etc. De fait, depuis le dernier quart du 19e siècle et pratiquement jusqu'au années cinquante (1950), la puissance industrielle se mesure cette fois à la production d'acier. Cette montée en puissance se traduit également par des phénomènes de concentration, d'accroissement de la taille des firmes. C'est l'époque de la grande industrie (lourde et concentrée) et de la gestion de grands ateliers où l'on s'efforce de coordonner l'activité des machines. C'est l'apparition et le développement du travail à la chaîne en même temps que le technicien cède la place à l'ingénieur. Côté demande, l'auto-consommation avait cédé la place, à l'âge de la vapeur, au développement du marché : mais les marchés extérieurs avaient constitué un élément essentiel pour l'industrie naissante, celle surtout des textiles (le coton anglais. A l'âge de l'acier, la production lourde effectue un essor remarquable mais la demande des populations reste celle de biens de consommation ; toutefois, s'instaura, au sein des espaces nationaux industriels, une véritable régulation nationale qui redonne une place importante à la demande interne, laquelle va peu à peu être saturée en biens alimentaires et développer ses consommations semi-durables et durables. Un tableau récapitulatif des principales caractéristiques des différents âges du système technico-industriel et en particulier de celui que nous vivons aujourd'hui.

Tableau I-1 : LA DYNAMIQUE HISTORIQUE DES SYSTEMES TECHNICO-INDUSTRIELS

		L'âge de la vapeur	L'âge de l'acier	L'âge de l'électronique	
Période Approximative	Avant 1750 ?	1740-1840	1830-1930	1920-2020	2010 et après ?
Année centrale		<u>1790</u>	<u>1880</u>	<u>1970</u>	
Organisation Industrielle	La préindustrie La machine construite sur place (le moulin)	L'Industrie naissante La machine-produit moteur à énergie artificielle	La Grande Industrie Industrie lourde concentrée diversifiée L'atelier de machines coordonnées La chaîne construite sur place	L'Industrie Totale Industrie intelligente managériale Les machines miniaturisées et les machines ateliers-produits	L'Industrie Maîtrisée L'Industrie flexible des Biens et Services Le Travail au foyer
	L'artisan	Le technicien	L'ingénieur	Le concepteur	
Energie	Naturelle animale eau, vent	VAPEUR (gaz) artificielle (naturel transformé)	Electricité (naturel scientifique) (micro-nature utilisée)	Nucléaire (micro-nature transformée)	Solaire (naturel)
Dimensions techniques	Naturel bois, pierre	Charbon Fer (mélange naturel)	ACIER Aciers spéciaux Pétrole Carbochimie pétrochimie	Composites et synthétiques (artificiels)	Biochimiques (micro-organismes domptés)
Communication physiques	Cheval	Caux Ballons Bateaux à vapeur	Chemin de fer → automobiles dirigeables → avions	Fusées Satellites	Stations orbitales permanentes
Information	Plume	Sémaphore Vitesse → 20 km/h	Télégraphe MORSE TSF-Téléphone Radar Télévision Machine à écrire Linotype Vitesse → >100 km/h	ELECTRONIQUE Manipulation de signes Traitement et Transmission instantanés Stylo-bille, feutre Vitesse → max.	?
Demande adressée aux appareils industriels nationaux	Autoconsommation de service	Consommations <u>extérieures</u> Biens de consommation alimentaires et textiles	Consommations <u>intérieures</u> nationales Biens de consommation semi-durables durables	Demande <u>mondiale</u> Investissements en logements Services Santé-Culture Loisirs	?
	Ruralité dominante	Alphabétisation Enseignement secondaire Urbanisation	Enseignement supérieur	Mégapoles	?

Source : M. HUMBERT, GERDIC, 1984, p. 77.

1.5. L'âge de l'électronique

20 Une nouvelle rupture technique, orchestrée par une technique caractérisée elle encore par son degré très élevé de fluidité, va se produire aux environs de 1971, date de l'invention du micro-processeur par la firme INTEL (U.S.A.). Ce n'est plus la maîtrise d'une énergie ou d'un matériau qui constitue le point de commande sur le système technico-industriel, c'est la maîtrise d'un moyen de communication informationnel, la manipulation d'un signal, d'un code. C'est l'âge de l'électronique dont on retrace plus loin (cf 12) la structuration. M. DAUMAS situe de nouveau *technologique* du siècle vers «1920-1940» (1981, p. 111) et B. GILLE écrit en 1978 : «Un monde déjà nouveau. Chacun est conscient de l'extraordinaire transformation provoquée par les techniques nouvelles... Dans de multiples domaines, l'électronique est bien l'un des éléments fondamentaux du nouveau système technique».

21. L'électron a été découvert dans les dernières années du 19e siècle ; toutefois il devra attendre les années 1920-1930 pour être reconnu à sa juste valeur chez les industriels et les ingénieurs, et même les années soixante pour recevoir l'hommage du grand public. Pour l'Encyclopaedia Universalis, l'électronique est «l'ensemble des techniques qui utilisent des variations de grandeurs électriques (courants électro-magnétiques, charges électriques) pour coder, transmettre et exploiter une information» (vol. 6, p. 57, 1970). Cette définition est la plus pertinente de celles que l'on peut trouver car, si elle n'est ni parfaitement technique, ni exclusivement industrielle, elle est technico-industrielle. L'électronique, la technique électronique est mise au service du traitement de l'information, du signal, de sa manipulation : stockage, combinaison, transmission. Et la *fluidité totale de l'électronique* (cf M. DAUMAS, 1981, p. 125) ne tient pas exclusivement à l'électron. Elle tient à ce que notre système technico-industriel évolué a un besoin impérieux d'information, à ce que la gestion et l'exécution des tâches industrielles exigent, dans tous les complexes techniques et entre eux, de l'information, à transmettre, à stocker, à traiter, qu'il s'agisse de données ou de messages. La technique électronique va vivifier, grâce à ses progrès, l'ensemble des activités en leur conférant globalement une efficacité et une puissance extraordinairement accrues. Ceci amène à l'évidence une situation en rupture totale avec celle de l'âge de l'acier : un nouveau point de commande sur le système technico-industriel s'est créé : l'électronique. L'outil nouveau, c'est bien sûr le composant électronique dont l'évolution arrive à maturité vers 1970, réalisant l'homogénéisation de l'ensemble du domaine de traitement de l'information et menant, par la fluidité parfaite de cette technique, vers une nouvelle stabilité du système technico-industriel, qui pour le moment se recompose en se mettant à l'âge de l'électronique.

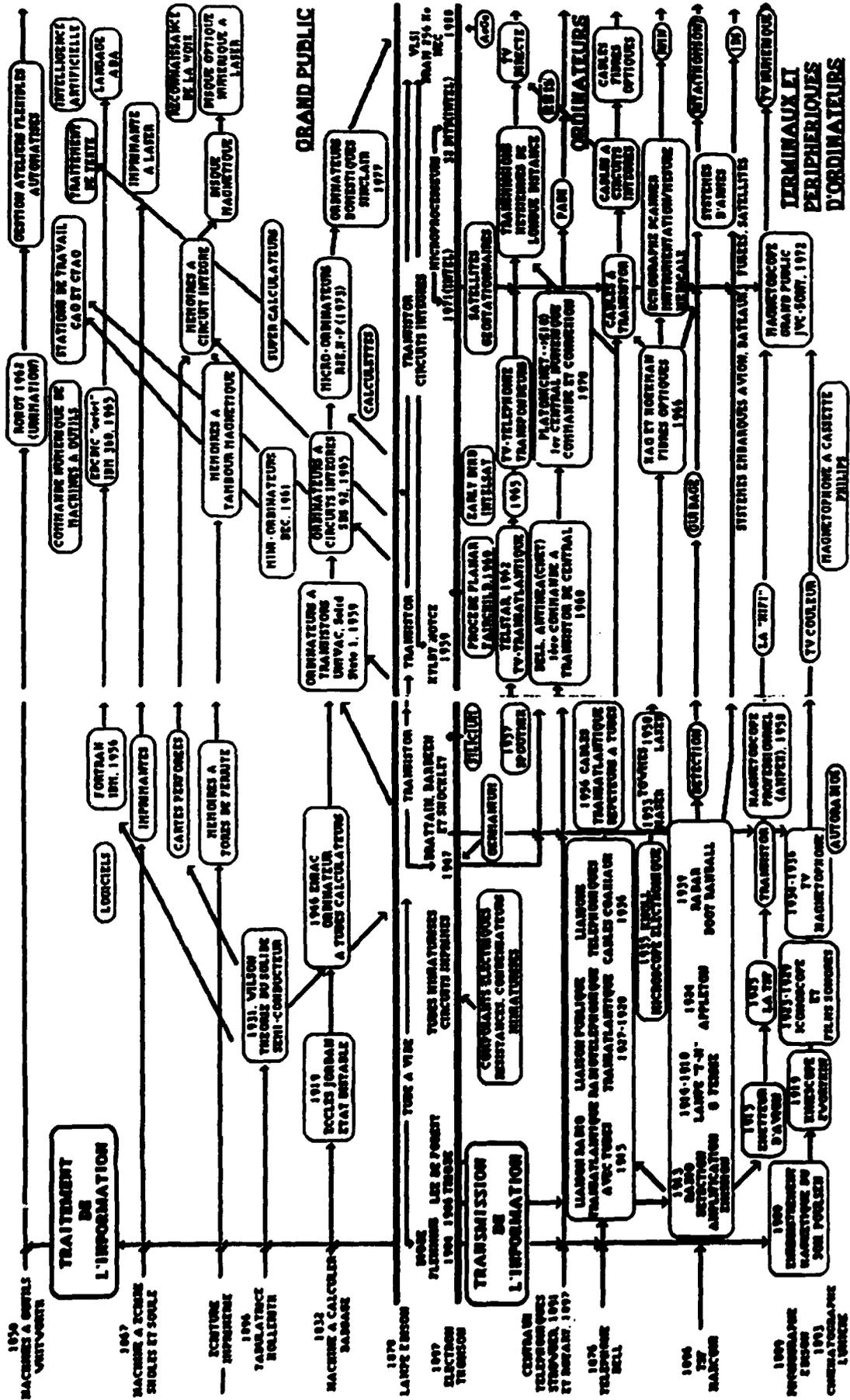
2. Structuration de l'Act de l'Électronique

22 L'électronique forme un complexe technico-industriel qui s'est constitué peu à peu autour d'une technologie-mère. Les interactions entre les actes industriels auxquels elle contribue et les apports de techniques affluentes pour investir de nouveaux domaines de production, se sont articulées autour de cette technologie-mère. Transmettre, amplifier, etc., en un mot manipuler un signal, "une information élémentaire" -constitutive, potentiellement de n'importe quelle information complexe : message écrit, vocal, image fixe, animée, sonorisée, colorée, en relief...- posent des problèmes techniques que résoud l'électronique avec des tubes à vide, puis des transistors de plus en plus miniaturisés et sensibles : aujourd'hui on a pu réaliser en laboratoire un transistor réalisant en moins d'un milliardième de milliardième de seconde au passage d'un seul électron ! (7)

23 Ces problèmes étaient déjà abordés auparavant, au moins pour une partie d'entre eux, et cela avec des solutions techniques mécaniques puis électromécaniques et donnaient lieu à des solutions concrètes, liées à des actes industriels nettement distincts. A partir du début du XXe siècle, on peut encore distinguer deux groupes, deux sous-domaines technico-industriels : la transmission de l'information d'une part, le traitement de l'information d'autre part. L'un et l'autre ont en commun de trouver, grâce à la même technologie-mère de l'électronique, une partie de la solution aux problèmes techniques qui leur sont posés, puis de faire appel, progressivement, à des techniques affluentes identiques - le stockage magnétique par exemple - et d'investir les mêmes nouveaux complexes techniques - le spatial, l'instrumentation, etc.. L'essor de la technologie-mère entraîne peu à peu vers l'unification de ces deux sous-domaines qu'il devient très difficile de distinguer. Ainsi, pour définir ce que sont des Réseaux à Valeur Ajoutée (V.A.N.), il faut préciser qu'il s'agit de réseaux de transmission de l'information qui, simultanément, réalisent un traitement de cette information en lui ajoutant une valeur. Le tableau ci-après présente un panorama historique de l'évolution technico-industrielle qui résume l'exposé qu'en donnent les paragraphes suivants et qui vont montrer un processus de structuration en quatre phases.

(7) Circuit élémentaire composé de deux couches submicroscopiques d'aluminium déposées de part et d'autre d'une couche d'oxyde d'aluminium d'une épaisseur de quelques dixièmes d'angströms (gyrante à 0,05 micromètre). Le circuit des laboratoires A.T.T. fonctionne en moins d'une pico-seconde à la température de l'hélium liquide (C.P.E. Flach, 16/05/88).

Tableau I-2 : L'ELECTRONIQUE, 1904-1984



2.1. La naissance de l'électron à l'origine d'une technique sans précédent

24. Dans la transmission de l'information, un premier progrès important, permettant de dépasser les transmissions de signaux à vue ou le courrier, avait été obtenu grâce au télégraphe électrique de MORSE en 1843. On remarque que, dès ce premier pas, l'information est reléguée à l'électricité. Partout dans le monde industrialisé des réseaux vont s'installer avec leurs grands serveurs, les corps d'ingénieurs du télégraphe puis bientôt du téléphone avec G. BELL et E. GRAY (1876). Ces réseaux s'internationalisent, un premier câble sous-marin relie Calais à Douvres en 1851, un câble transatlantique fait communiquer, sans délai, l'Europe et l'Amérique dès 1866. Les techniques d'émission, de réception sont progressivement améliorées, ainsi que le câblage grâce au français Emile BAUDOT (1874). Son codage à cinq moments est encore en usage dans les systèmes télex de transmission de messages écrits, dont les codes sont traduits en impulsions électriques. Par ailleurs, les travaux théoriques de MAXWELL (notamment son traité sur l'électricité et le magnétisme de 1873), complétés par les expériences de HERTZ, notamment celle de 1888, pour vérifier l'existence d'ondes électromagnétiques se déplaçant sans avoir besoin de matériau conducteur (dans l'éther", croyait-on à l'époque), vont ouvrir la voie, à l'aide d'une série d'inventions, à une innovation qui sera vite considérée comme fondamentale. Edouard BRANLY ayant mis au point son cohéreur, détecteur d'ondes, en 1890, il ne restait que peu de problème à résoudre (les antennes) pour réaliser de la télégraphie sans fil (T.S.F.). MARCONI réussit en 1895, à Bologne, à transmettre sur 2,4 kilomètres un message sur bande Morse ; après toute une série d'améliorations, il parvient à obtenir en 1901 la première transmission transatlantique sur 3 400 kilomètres entre les Cornouailles et Terre-Neuve. Les armées, et les marines en particulier, trouvant un intérêt immensurable aux transmissions rapides et efficaces, soutiendront de manière stimulante les progrès technico-industriels dans ce domaine.

25. Le traitement de l'information, c'est en premier lieu l'écriture des messages dont la technique s'est trouvée bien améliorée avec la naissance de la machine à écrire et son premier modèle industriel que l'on doit à REMINGTON (1876). C'est l'une des premières machines de bureau qui va devenir très vite indispensable. Elle attendra longtemps les machines comptables qui traitent les informations constituées de données pour réaliser des opérations car les machines de PASCAL (1642) ou LEIBNITZ (1671) n'étaient pas opérationnelles. Celle imaginée par BABBAGE (1834), qui avait réglé de nombreux problèmes, devait utiliser les systèmes à cartes perforées de JACQUART (1801) et disposer d'une mémoire, mais n'a jamais été véritablement construite. A vrai dire, à cette époque les besoins en calculs comptables étaient relativement modestes, les calculs scientifiques eux-mêmes gardaient des dimensions raisonnables. La recherche n'était donc pas réellement stimulée par l'industrie et l'invention de BABBAGE a pu rester longtemps dans ses cartons. En revanche, quand apparaîtra un domaine où la masse des données à manipuler va inciter au progrès technique... celui-ci pourra se réaliser. Cela va se produire dans un domaine faisant intervenir les pouvoirs publics. A l'occasion du recensement de 1890 aux Etats-Unis, le Bureau du Recensement lança un appel d'offres et le système

électromécanique à tabulation de cartes perforées, inauguré par H. HOLLERITH, permit de compiler ce recensement en trois ans au lieu de sept. La voie était ouverte au traitement électrique de l'information.

26. Cette situation, qui prévaut dans les divers domaines de l'information où l'électricité joue un rôle déjà essentiel, va se trouver fortement perturbée et vivre une première phase de structuration de par la naissance de l'électron. Son nom est dû au physicien anglais STONEY (1874), mais sa mise en évidence attendra J.J. THOMSON (1897) (et J. PERRIN). Le travail de J.J. THOMSON est l'occasion d'expliquer un phénomène observé dès 1883 par EDISON dans la lampe à incandescence qu'il avait inventée en 1879 : une lueur bleuâtre entre les électrodes (anode et cathode) de sa lampe, un courant électrique détecté, que l'on va appeler phénomène thermo-ionique. FLEMMING (qui travaillait avec EDISON, mais aussi avec MARCONI) va mettre au point le premier tube à vide, la diode, en 1904, qui peut être utilisée comme détecteur. LEE DE FOREST en 1906, ajoutant une grille, obtint la triode qui, outre la propriété d'être un détecteur plus perfectionné, peut être utilisée comme amplificateur et pourrait par exemple remplacer, avec une utilisation permettant une souplesse de variabilité totale, les relais électromécaniques seuls connus jusqu'alors pour commander l'action de machines plus puissantes. Les sous-domaines de l'information, et particulièrement de la transmission, vont très rapidement bénéficier de ce progrès remarquable.

27. La triode va servir, dès 1915, sous l'impulsion de A.T.T. d'amplificateur, de relai et de redresseur sur les lignes téléphoniques, puis, grâce à la possibilité de son emploi pour créer des émetteurs d'ondes entretenues et la mise au point tant des méthodes de modulation de ces ondes, modulation d'amplitude en 1915 (modulation de fréquence en 1933) que de leur réception (méthode hétérodyne en 1917), elle sera à l'origine de la radiophonie grand public qui commence à réaliser des émissions régulières en 1924. Il n'y eut pas, au cours des années 1900, d'effet comparable sur l'évolution des machines à calculer ou à compter, les tabulatrices. Toutefois, dès 1919, avec ECCLES et JORDAN, la technique a offert un schéma de mémoire à deux états. Associée à la numération binaire introduite par le français Louis COUFFIGNAL (1936) dans ses projets de machines (électromagnétiques avec la société Logabax), elle constituera un élément essentiel des futurs ordinateurs.

28. Cette première phase du début du siècle a été à la fois naissance des divers domaines de manipulation de l'information à l'aide de l'électricité, naissance de l'électronique qui a fait profondément évoluer les possibilités de sa transmission et potentiellement celles de son traitement, enfin celle d'un fort soutien des pouvoirs publics, et en particulier militaire, à la mise en service des techniques et à la production industrielle. Toutefois, il ne faudrait pas croire que les firmes privées soient absentes de la scène, bien au contraire ; c'est aussi à cette époque que se mettent en place des firmes qui, à l'échelle mondiale, rivalisent et coopèrent et qui, pour la plupart, sont à l'origine des actuelles grandes firmes, après quelques détours parfois mais aussi en ligne directe pour quelques-unes. On a déjà cité les noms d'EDISON, BELL, REMINGTON, MARCONI (E.M.I.) qui sont à la fois inventeurs et industriels, l'American Telephone and Telegraph, tous bien

connus. On peut également signaler les premières entreprises de l'industrie électrique qui s'était d'abord développée rapidement aux Etats-Unis. Des inventeurs-industriels capitalistes en sont à l'origine : Thomas EDISON, Elihu T. THOMSON, Edwin HOUSTON et George WESTINGHOUSE. Thomson-Houston et les deux autres se livraient une concurrence acharnée mais Edison fusionna avec Thomson-Houston en 1892 pour former General Electric qui se retrouva face à Westinghouse, avec laquelle elle signa des accords. C'est General Electric qui créa Radio Broadcasting Corporation of America (R.C.A.) en 1919 pour la distribution de récepteurs radios fabriqués avec ses brevets. I.T.T. quant à elle s'est développée à partir de 1925 lorsque A.T.T. et sa filiale de production Western Electric ont dû renoncer à leurs opérations internationales. En Europe, la société des frères SIEMENS, ainsi que Philips Glow Lamp Works (dont G.E. détient 17 % du capital en 1935), comme à peu près toutes les sociétés hormis la société suisse Brown Boveri, signent des licences croisées avec les sociétés américaines pour le partage du marché mondial. Celles-ci ont en outre des investissements assez importants en Europe. Deutsche Edison Gesellschaft (German Edison Company) est le prédécesseur de A.E.G. en Allemagne, General Electric Company en Grande-Bretagne s'est rendue indépendante vers 1910 de G.E. qui l'a fondée ; l'année de la formation de G.E. (1892), la société Thomson-Houston International (créée vers 1888), après avoir établi British Thomson-Houston, conclut un accord avec la compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston en France, dont sera issue la société française Thomson, seule aujourd'hui à perpétuer le nom de l'inventeur américain.

29 Dans le domaine du traitement de données par les tabulatrices, on voit également apparaître dès le début du siècle les principaux participants à un oligopole mondial qui sévit encore aujourd'hui. La compagnie fondée par HOLLERITH en 1896 devra fusionner avec d'autres pour faire face à la concurrence. Elle devient I.B.M. en 1917 après avoir vu à sa tête F.N. KONDOLF, qui deviendra ultérieurement président de Remington Typewriter (filiale de Remington-Rand), puis G.W. FAIRCHILD, qui fondera et donnera son nom à une célèbre firme de semi-conducteurs, sous sa présidence le directeur sera, en 1914, T.J. WATSON venu de N.C.R. (à l'origine fabricant de caisses enregistreuses)... La principale compagnie rivale à l'échéance des brevets d'Hollerith (1909), celle de Powers sera même rachetée par Remington-Rand (qui deviendra la division mécanographique de Sperry-Rand). A la fin des années vingt elle détient 25 % du marché mondial contre 85 % à I.B.M. qui dispose déjà de filiales de production dans 54 pays (!). Les constructeurs concurrents directs (tels que British Tabulating Corporation en Grande-Bretagne, la compagnie de Machines Bull en France) sont peu nombreux et peu importants et les firmes en place sur des domaines proches -telles que N.C.R. dans les caisses enregistreuses, ou Burroughs dans les machines comptables- ne tentent pas encore de pénétrer ce marché. Au total, on peut donc considérer que se trouve constitué un véritable complexe technico-industriel, avec sa technologie-mère et ses acteurs industriels qui se chargent de la mettre en oeuvre et de la faire évoluer en liaison avec une extension et une évolution tant des techniques affluentes que des domaines d'application.

2.2. L'essor de la transmission et du traitement électroniques du signal (1925-1955)

30. On peut noter tout d'abord au cours de cette deuxième phase de structuration et en début de période la naissance de ce que l'on appellera plus tard l'électronique grand public. Dès ses travaux de 1897, J.J. THOMSON avait utilisé un dispositif ayant la structure d'un tube cathodique projetant des électrons sur un écran phosphoré ; fortement amélioré, il deviendra le tube de réception des téléviseurs mais l'émission pose un problème inverse et non résolu : la transmission d'images. Le français BELIN fut un précurseur de la transmission d'images par fil (le Bélinographe, 1907) et son dispositif pour transmission de photos utilisant des amplificateurs à lampes devient universel dans les années trente. La transmission de l'image sans fil passe par l'iconscope que l'immigré russe ZWORYKIN mit au point en 1928 et les premiers programmes expérimentaux de télévision furent diffusés en Angleterre en 1929 (le premier émetteur permanent à Londres en 1936). L'enregistrement et la reproduction du son et pas seulement de l'image ont eux-mêmes, à partir des bases du début du siècle, fait d'importants progrès au moins grâce aux techniques d'amplification. EDISON met au point son phonographe à cylindre de cire en 1889 ; Louis LUMIERE et lui-même produisent leurs premiers films cinématographiques entre 1893 et 1895 qui empruntent évidemment à la longue tradition photographique mais surtout au procédé de pellicule photographique sur rouleau de G. EASTMAN (1884, qui donna le premier "KODAK" en 1888). Vers 1930, l'électrophone (nom breveté par Thomson) et le disque à gravure électromagnétique sont communs et le cinéma sonore supplante le cinéma muet en partie importante grâce à LEE DE FOREST. En fait, l'enregistrement magnétique du son allait lui-même progresser ; des améliorations sensibles du procédé que POULSEN avait présenté en 1900 tardèrent un peu face au dynamisme du phonographe, mais après la tentative de MARCONI rachetant le procédé STILLE en 1927, qui utilisait un ruban d'acier au lieu de fil, on arriva, en Allemagne, par la collaboration entre un chimiste (IGFARBEN) et un électronicien (AEG), à mettre au point un système utilisant un support en matériau artificiel recouvert d'une piste magnétique et dès 1934 le magnétophone était fonctionnel.

31. D'autres progrès en matière de tube vont renforcer l'électronique dite industrielle et en particulier celle destinée aux équipements militaires. Il faut en effet mentionner un progrès d'importance, celui des tubes à résonance et modulation de vitesse qui vont aboutir, en 1939, au Magnétron de H.H. BOOT et J.T. RANDALL, lequel se trouve directement à l'origine du radar (Radio Detection and Ranging). Le conflit mondial a suscité à l'évidence de nombreux progrès dans ce domaine, à la fois pour les détections terrestres et marines, et aussi aériennes. Il faut noter là une première interaction forte avec l'espace, qui sera amplifiée lors de la troisième phase. En effet, l'aviation va faire de sérieux progrès à l'occasion du conflit. Le V1 de 1941 est un pulsoréacteur et, sur leur lancée, les Allemands disposent des premiers avions opérationnels à turbo-réacteurs début 1945 et des premiers missiles sol-sol, les V2, opérationnels à la fin de 1944 et qui sont les premières fusées... Ces développements sont un fort soutien industriel à celui des techniques de

transmission de l'information, alors qu'ils ont été eux-mêmes soutenus par les impressionnants efforts liés à la guerre.

32 C'est aussi l'espace, mais surtout la guerre et les besoins très importants en calcul de l'armée américaine qui vont permettre de franchir une étape importante dans le traitement de l'information et le faire entrer plus réellement dans l'ère électronique. W.J. ECKERT développe les tabulatrices d'I.B.M., surtout à partir de 1934, à l'Université de Columbia ; à celle d'Harvard, H. AIKEN travaille dans la même direction et construit lui aussi, avec l'aide d'I.B.M., les calculatrices MARK ; Mark I, opérationnelle en 1944, fonctionna jusqu'en 1959 et servit d'abord à effectuer des calculs secrets pour la marine. H. AIKEN et I.B.M. suivent ensuite des voies séparées. Cette dernière, à l'aide d'ECKERT, construit le S.S.E.C. (Selective Sequence Electronic Calculator) qu'elle ne souhaite pas entièrement électronique. Pour des raisons de fiabilité, elle préfère des relais électromécaniques classiques pour cette machine terminée en 1948. Toutes ces recherches, celles antérieures de l'allemand Konrad ZUSE (en 1941, il réalise le premier calculateur à programme enregistré) ou celles encore de la Bell qui essaie d'aider les calculs de tir (son calculateur de 1943 fut employé par la marine jusqu'en 1961) avec, en 1946, un calculateur également programmé, montrent l'intense pression exercée par les calculs que nécessitent l'étude des profils d'avion ou les tables de tir de la balistique. C'est l'effort consenti par l'armée américaine qui va permettre de réussir le passage de la mécanographie ou de l'électromécanique au tout électronique, à l'ordinateur. A la Moore School of Electrical Engineering de l'Université de Pennsylvanie, et en liaison avec le laboratoire de recherches balistiques de l'armée américaine, John MAUCHLY et J.P. ECKERT, proposent en 1942, puis en avril 1943, de construire un calculateur électronique numérique. L'objectif est de résoudre numériquement des équations différentielles du type rencontré dans les problèmes balistiques et parmi les techniques envisagées se trouve l'emploi comme mémoires de circuits bistables du type Eccles et Jordan. L'armée, après bien des réticences, a financé ce projet très cher pour l'époque (400 000 dollars). En juin 1944, un premier additionneur est réalisé, capable d'effectuer 5 000 additions de dix chiffres à la seconde, ce qui est mille fois plus rapide que ce que l'on pouvait faire jusqu'alors. Un premier calculateur complet, connu sous le nom du projet ENIAC (Electronical Numerical Integrator and Computer) est réalisé fin 1945 et inauguré en 1946 (amélioré, il fut utilisé jusqu'en 1955) par l'armée américaine. Son défaut tenait au temps requis pour poser le problème à résoudre, la programmation nécessitant le déplacement manuel d'un grand nombre de fiches. Le groupe ENIAC, auquel participa Von NEUMAN à partir de la fin 1944, imagina la méthode moderne de programmation enregistrée. ECKERT et MAUCHLY quittèrent l'Université pour fonder une firme, Electronic Control Company, dont le premier produit ne fut pas un succès (le BINAC pour la Northrop Aircraft Company) mais le second, UNIVAC 1, livré à l'administration américaine en 1951 pour les besoins du recensement, mérite attention pour deux raisons. La première, c'est que pour le réaliser, les auteurs ont manqué de financement et ont proposé à trois firmes de les racheter ; I.B.M. a trouvé cela inintéressant, National Cash Register a réfléchi trop longtemps et c'est Remington-Univac qui l'emporta, ce qui lui permit de garder 100 % du marché mondial des ordinateurs jusqu'en 1954. La seconde, c'est

qu'en fait l'UNIVAC 1 n'aura pas de successeur véritablement supérieur avant que nous entrons dans la troisième phase de structuration de l'âge de l'électronique.

2.3. La maîtrise d'une technique irradiante (1955-1985)

2.3.1. Le fondement micro-électronique

33. Une troisième phase de structuration occupe une trentaine d'années que l'on peut centrer autour de 1970. Elle permet à la technique électronique d'acquies une fluidité parfaite, ce qui assure en premier lieu l'électronisation complète de la manipulation de l'information et conduit à réaliser son traitement et sa transmission dans des conditions extraordinairement améliorées. Cette fluidité est acquise principalement par la miniaturisation et la densification du traitement du signal : sur des volumes de plus en plus réduits, on obtient des capacités de traitement qui sont multipliées de manière considérable. Le tube à vide, en effet, cède la place à une triode sur solide (germanium) semi-conducteur : le transistor (BARDEEN, BRATTAIN, SHOCKLEY) apparaît en 1948, permettant une évolution fondamentale dans la nature du composant. Toutefois, il faudra attendre 1959 pour voir le premier ordinateur entièrement transistorisé (8). Cette même année R. NOYCE chez FAIRCHILD (plus tard il fondera INTEL), et J. KILBY chez TEXAS Instrument mettent au point le premier circuit intégré dont la fabrication sera facilitée grâce au procédé Planar de Fairchild (1961). De quoi s'agit-il ? Le principe du transistor demeure beaucoup plus fiable que le tube ; bien moins volumineux, il va peu à peu devenir microscopique. Sur une pastille semi-conductrice de quelques mm² (du silicium à partir de 1954) sont intégrés plusieurs transistors entre lesquels est gravé un circuit les reliant pour réaliser une unité logique connectable : voilà un composant qui n'est plus unique, "discret", mais complexe, équivalent à une carte de circuit imprimé. Sa présentation, qui l'insère dans une sorte de domino noir en résine dont sortent des pattes de connexion, s'accommode de sa dénomination de "puce" (chip en anglais). On fabrique tout d'abord de cette manière des unités de stockage, des "mémoires" qui retiennent une information mise sous forme de chapelets de "bits" (binary digits), c'est-à-dire de quelque chose d'équivalent à une succession de nombres qui doivent être chacun soit 1, soit 0 suivant la base 2 de numération, chaque succession ayant une "adresse" propre en mémoire.

34. Les premiers circuits intégrés ne comportaient que quelques transistors, on parle alors d'intégration de petite échelle. S.S.I. (Small Scale Integration). A la fin des années soixante, l'intégration devient moyenne (M.S.I.) et l'on verra en 1970 des mémoires capables de stocker 1 000 bits ou mémoires 1 K (9). Au début des années soixante-dix, l'intégration est

(8) Mais dès le début des années cinquante apparaissent les radios à "transistors", dix ans plus tard ce sera la "Hifi" et la T.V. couleur, en 1972 le magnétoscope grand public et l'utilisation croissante des acquies en matière de composants électroniques.

(9) 1 K = 2¹⁰ = 1 024 bits, se lit 1 kilo (bit).

dite à grande échelle (L.S.I.), les puces comprenant quelques dizaines de milliers de transistors et l'intégration semble doubler chaque année, comme l'avait prédit G. MOORE (de chez INTEL) en 1964. Les mémoires stockent des quantités considérables d'informations : 4 K en 1973, 16 K en 1976, 64 K en 1978. La fin des années soixante-dix nous fait entrer dans la très grande intégration (V.L.S.I.) et l'on approche la centaine de milliers de transistors sur une puce. Le composant n'est plus tout à fait un composant quand l'unité de définition est ainsi constituée de plusieurs dizaines de milliers d'éléments simples que l'on peut connecter et pour quoi pas constituer en circuit complet. La firme américaine INTEL s'y décide en 1971 et fabrique le premier micro-processeur. Il s'agit d'une véritable petite machine de traitement de l'information, il peut stocker des données, être programmé, appeler des entrées, exécuter des sorties et bien sûr exécuter des programmes grâce à une unité centrale du type de celle des ordinateurs. La poursuite des progrès sur cette technologie-mère nous a donné en 1985 des micro-processeurs travaillant sur des mots de 32 bits et des mémoires de 256 K bits. On peut alors produire des micro-ordinateurs qui, avec quelques puces, sont des centaines de fois plus puissants et rapides que l'I.B.M. 650 sorti en 1955 (et qui était, à prix courants en dollars, 100 fois plus cher !) et qui tiennent dans un attaché-case. La puce peut alors être considérée comme une des briques de base d'une industrie de la construction électronique. Il s'agit de construire des machines à traiter de l'information, dites informatiques en français. Le tableau ci-après résume cette situation qui résulte de l'interaction entre la recherche fondamentale des laboratoires d'université et des firmes, mais aussi entre les programmes militaires-spéciaux des pouvoirs publics, notamment américains, et la compétition à laquelle se livrent les firmes.

Tableau I.3 : LA CONSTRUCTION ELECTRONIQUE EN 1985

"HARDWARE"	"SOFTWARE"
LA PUC : Brème de base du traitement de l'information	
<p> Au coeur d'une microplquette de silicium (1 cm²) sont gravés par dosage microscopique d'impuretés des dizaines, voire des centaines de milliers de transistors, reliés par des chemins gravés par faisceau d'électron et dont la largeur est de l'ordre du micron (1/1000e de cm)</p>	<p>(-- CONCEPTION</p> <p>des chemins pour une application de système organisant entre elles les briques de base</p>
<p>• Les briques simples: <u>les mémoires RAM, DRAM et SRAM</u>, et standards) <u>ROM, EPROM...</u></p>	<p>(-- SYSTEME D'EXPLOITATION</p> <p>(Operating System. ex. MS-DOS, UNIX...) pour utiliser un système de traitement de l'information, une "machine".</p>
<p>• Les briques sur mesure "ASIC's" à la finition "GATE ARRAYS" à l'assemblage "STANDARD CELLS" à la conception "FULL CUSTOM"</p>	
<p>• Le module de base véritable sous-système de traitement de l'information) LE MICROPROCESSEUR</p>	
LES MACHINES : Des systèmes à traiter de l'information	
<p>• Les ordinateurs ("computers", "Electronic Data processing machines"...) Ils sont en premier lieu des calculateurs, comme les super-ordinateurs (CRAY) ou les "Mini" scientifiques et industriels. Ils sont devenus "universels" (Main-frames)</p>	<p>(-- PROGRAMMES D'APPLICATION</p> <p>Pour réaliser des traitements spécifiques de l'information, grâce à un système d'exploitation, sur une "machine"</p>
<p>• Les micro-ordinateurs sont construits autour d'un seul micro-processeur et quelques composants</p>	<p>Ces programmes sont des LOGICIELS écrits dans différents langages (FORTRAN, PROLOG, BASIC, PASCAL...).</p>
<p>• Les machines à traitement de texte</p>	<p>Sur le marché, quand ils sont vendus comme des produits, on les appelle PROLOGICIELS</p>
<p>• La station de travail (Working Station) dans un atelier pour commander un ensemble d'usinages</p>	
<p>• Le scanner ou le matériel IBM</p>	
<p>• Les centraux de consultation téléphoniques numériques grands centraux publics et petits centraux privés (PABX) via un réseau</p>	
<p>• Un terminal</p>	
<p>La transmission, et réception sur un TERMINAL, plus ou moins "intelligent" (système plus ou moins complexe), constitue une TELECOMMUNICATION qui peut se faire de manière plus ou moins interactive. Elle peut avoir lieu :</p>	<p>(-- Des machines et des logiciels aident à construire d'autres logiciels, d'autres machines, d'autres puces, à produire :</p>
<ul style="list-style-type: none"> - entre deux composants sur une puce - entre une unité centrale de calcul et une mémoire de stockage - entre deux "ordinateurs" dans une entreprise - entre deux postes téléphoniques via un central "PABX" d'entreprise - entre deux ordinateurs, l'un à Paris, l'autre à San Francisco, entre un émetteur de télévision à Mexico et un récepteur à Bruxelles - entre un centre de pilotage à Ecouen et Ariane ou Giotto 	<ul style="list-style-type: none"> - CAO Conception Assistée par Ordinateur (CAD Computer Aided Design) - FAO Fabrication Assistée par Ordinateur (CAM Computer Aided Manufacturing)

Source :
M. HUMBERT,
1988, p. 26.

2.3.2. Le développement du traitement électronique de l'information

35. L'activité de construction consiste à assembler des briques de base de différents types au cours d'une opération physique. Toutefois il est clair que la réussite dépend de l'architecte qui dresse les plans, avec lesquels il conçoit l'ensemble avant d'entamer sa réalisation. Cette activité immatérielle est d'autant plus nécessaire que le nombre et la variété des briques à utiliser est plus grand et que leur assemblage doit aboutir à un ensemble plus complexe. Cette analogie nous fait comprendre la différence entre le "Hardware", ce qui est matériel : les puces et les machines qu'elles servent à construire, et le "Software", le logiciel, l'immatériel, la pensée nécessaire pour concevoir les puces elles-mêmes, les machines, leur mode général de fonctionnement -les systèmes d'exploitation- les méthodes d'utilisation : les machines à traiter de l'information sont pour la plupart ouvertes à une grande variété d'usages pour chacun desquels il faut alors penser le pilotage. Les programmes d'application, mais aussi ceux nécessaires pour la conception, y compris des puces, sont bientôt mis au point à l'aide des machines à traiter l'information. Ceci illustre le caractère indissociable du matériel et de l'immatériel dans les industries de la construction électronique.

36. Au cours de cette période, la machine type construite selon ce schéma a été l'ordinateur qui, tout d'abord exclusivement machine à décompter, est devenu machine à calculer puis machine à traiter des chaînes de caractères, à traiter du texte, bientôt effectivement machine à traiter de l'information quelle qu'elle soit, pourvu qu'elle puisse être numérisée, c'est-à-dire se traduire en bits, ce qui fait l'importance des codages. Les progrès sont étroitement liés à ceux de la technologie-mère et l'on distingue des générations d'ordinateurs en liaison avec l'emploi dans leur construction des nouvelles générations de composants. La première génération des ordinateurs à tube initié avec l'ENIAC (cf paragraphe 32) va céder la place à une seconde génération utilisant uniquement des transistors en 1959. L'"UNIVersal Automatic Computer" des pères de l'ENIAC utilisait en 1951 des bandes magnétiques comme mémoires externes, mais restait par ailleurs tributaire exclusif des tubes, alors que le SEAC à la même époque utilisait déjà -non pas 5 000 tubes comme l'UNIVAC- mais 750 tubes et 10 000 diodes. Control Data, avec Seymour CRAY, proposera en 1958 le C.D.C. 1604 avec 25 000 transistors et une mémoire à tores de ferrite -système inventé par Jay FORRESTER en 1951 au MIT et implanté sur sa machine, le Whirlwind en 1953- de 30 000 mots et 48 bits ; l'année suivante l'UNIVAC Solid State 1 est entièrement transistorisé (J.L. PERRAULT, 1981). Ces ordinateurs constituent à l'époque des machines gigantesques qui occupent des volumes considérables, nécessitent de grandes salles équipées de climatisation et un très grand nombre d'opérateurs et de techniciens. Au début des années soixante, Digital Equipment change cette conception avec sa série de mini-ordinateurs P.D.P. (Programmed Data Processor) imaginée par K. OLSEN. Des machines que l'on peut utiliser dans un laboratoire de recherche (ou que la marine américaine embarquera dans ses sous-marins) mettent le calcul électronique à la portée immédiate de presque tous les ingénieurs. La machine à traiter de l'information n'est plus nécessairement un immense atelier, elle peut être effectivement une machine pilotée par un tout petit nombre d'opérateurs. Cette nouvelle conception naît avec la deuxième génération qui généralise les premiers langages universels de programmation, et principalement le

FORTRAN (FORmula-TRANslation lancé en 1956 avec un programme de compilation pour traduire en langage machine de 25 000 lignes).

37 Cette conception ne pourra cependant pas vraiment s'affirmer avec la troisième génération que l'on s'accorde à faire commencer en 1965, lors du lancement de l'I.B.M. 360, qui a revendiqué ce qualificatif. En effet, la troisième génération est principalement celle de la généralisation d'une grande informatique centralisée dans les grandes entreprises (plutôt que de l'équipement spécifique de leurs laboratoires ou ateliers d'études) et bientôt dans les administrations. L'informatique passe ainsi des grands centres de calculs universitaires, militaires ou des grands réseaux (type réservation de places d'avion, et problèmes de transport) vers les grandes entreprises et administrations, en particulier pour la gestion de leur personnel et de leur comptabilité. Certes, les petits systèmes sont devenus nombreux et s'accroissent vivement (23 000 en 1965, 49 000 en 1970) mais ils restent encore implantés surtout aux Etats-Unis (90 % en 1965, 80 % en 1970), tandis qu'en valeur ils ne peuvent se comparer aux grands systèmes, lesquels seront par ailleurs beaucoup mieux diffusés hors des Etats-Unis avec une production non négligeable en Europe (puis au Japon). Le parc américain, avec 3 700 ordinateurs généraux, détient cependant 45 % du parc mondial en 1965 et 52 % en 1970 avec 14 000 machines.

38 I.B.M., avec sa série 360, est la cheville ouvrière de cet essor, et ceci ne tient pas seulement aux progrès techniques matériels de ce produit qui a bénéficié de dépenses de recherche et Développement considérables : 5 milliards de dollars ! Cette machine n'utilise pas les circuits intégrés que des firmes telles que FAIRCHILD vendent sur catalogue depuis 1962, mais seulement des circuits hybrides, des micro-modules. Toutefois, c'est de cette époque que date l'intégration verticale, en cette matière, d'I.B.M. qui fabrique ses micro-modules (et ensuite ses circuits intégrés). Le progrès technique est plus "software" avec une première normalisation des systèmes d'exploitation qui permet d'utiliser sur tous les ordinateurs de la série les programmes écrits pour l'un d'entre eux, alors que les clients commencent à voir des coûts de programmation constituer des frais importants qu'ils souhaiteraient ne pas devoir réengager lors d'un changement de machine, pour avoir plus puissant, plus moderne. Avantage client, mais avantage limité à un achat d'un nouvel I.B.M. qui fidélise ainsi sa clientèle. Progrès logiciel aussi par la mise au point d'un nouveau code normalisé EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code) à huit chiffres binaire permettant de coder 256 caractères au lieu des codes habituels à six chiffres et donc 64 caractères ou signes seulement, alors qu'un service comptable utilise habituellement 120 signes : l'alphabet minuscule, majuscule, les accents, les ponctuations, les signes d'opération, les lettres commerciales (@, &, \$, £, %...)... Corrélativement, la plus petite unité accessible en mémoire devient non plus le mot défini par plusieurs caractères, mais le caractère défini par un octet de 8 bits. Les dépenses de R et D d'I.B.M. se sont orientées aussi sur les problèmes commerciaux de distribution, de maintenance en particulier ; I.B.M. a notamment mis au point une innovation commerciale majeure : la location de ses grands systèmes. Les clients n'ayant à payer chaque mois qu'un quarante-huitième du prix total se trouvaient largement incités à s'équiper et ensuite étaient bien évidemment fortement fidélisés. En 1965, le parc mondial d'ordinateurs de toutes tailles est de l'ordre de 30 000 unités, en 1967 I.B.M. en produit annuellement 20 000, soit environ 50 % de la production

mondiale. Alors que la fin des années soixante est considérée comme une période d'essorlement des activités économiques dans les pays industrialisés, la grande informatique voit son chiffre d'affaires croître de 20 % par an.

39. La quatrième génération s'installe progressivement au milieu des années soixante-dix et consacre à la fois l'arrivée à maturité de la grande informatique centralisée et l'explosion d'autres conceptions de l'informatique grâce à l'emploi de circuits à densité d'intégration accrue et des micro-processeurs. La grande informatique des ordinateurs universels ("mainframes") utilise elle-même ces progrès et remplace les tores de ferrite par des circuits intégrés ; les cartes perforées, vestiges des tabulaires du 19e siècle, disparaissent à leur tour grâce au système de temps partagé (time-sharing) permettant (dès 1971 avec la série I.B.M. 370) de saisir des données ou des programmes sur une console, terminal relié, éventuellement à distance, à l'unité centrale et permettant également une certaine interactivité n'obligeant pas systématiquement à un grand travail par lots (batch) et par l'intermédiaire d'une équipe d'opérateurs. Les systèmes d'exploitation deviennent extrêmement complets, utilisant des ordinateurs avec des tailles de mémoire interne considérables, plusieurs langages de programmation et des périphériques de stockage très performants : dérouleurs de bandes puis disques magnétiques à temps d'accès très court (une petite fraction de seconde) pour des quantités d'informations considérables : un milliard de bits par disque, soit l'équivalent de soixante-dix mille pages comme celle-ci.

40. Cette fois, forte des progrès dans l'intégration des circuits et des réduction de coûts, la mini-informatique peut se développer considérablement tandis que pour les grands calculs militaires, météorologiques ou scientifiques, ces possibilités techniques font naître les super-ordinateurs. Le premier, l'ILLIAC IV, fut lancé aux Etats-Unis grâce à des crédits du Pentagone (DARPA, Advanced Research Project Agency) avec l'Université de l'Illinois et Burroughs. Mis au point en 1970 avec une architecture lui permettant d'effectuer des calculs en parallèle, il était capable d'effectuer 50 millions d'opérations en virgule flottante par seconde, tandis que l'I.B.M. 370, sorti en 1971, ne pouvait exécuter que moins d'un million d'instructions par seconde. Cray, chez Control Data dès 1972, puis avec la compagnie qu'il fonda et le CRAY 1 à partir de 1976, vont lancer la course à la puissance : CRAY offre aujourd'hui un milliard d'opérations en virgule flottante par seconde... d'un côté des puissances gigantesques (mais un parc mondial de 150 machines en 1985), de l'autre des machines de plus en plus petites et bon marché pour des puissances loin d'être ridicules. En 1987, les I.B.M. généraux les plus puissants seront équivalents dans cette puissance à l'ILLIAC IV, et des micro-ordinateurs de bureau ont la puissance de l'I.B.M. 370 en 1971.

41. La mini-informatique, c'est-à-dire la construction d'un ordinateur autour d'un micro-processeur, est née juste après l'invention de celui-ci, le producteur français alors indépendant, R2E, semble être le premier à avoir construit et vendre une machine de cette sorte en 1973. Fruit direct de la miniaturisation des composants, elle constitue une des applications directes de la fluidité de la technique-mère au traitement de l'informatique. Construire un ordinateur autour d'un seul micro-processeur c'est y ajouter quelques composants, un système d'exploitation, un clavier, un écran, un lecteur de cassettes, plus tard

un lecteur de disquettes (floppy disk drive, inventé en 1973 par D. AHL chez D.E.C.) et même un disque dur, des périphériques comme des imprimantes, bientôt à laser. Cela fait du micro-ordinateur non seulement un outil de calcul plus complexe que les calculettes qui essaient depuis le début des années soixante-dix, mais aussi bien une station de travail d'ingénieur d'étude qu'un poste de travail pour une secrétaire dactylographe qui organise son bureau et traite des textes... Il en résulte que ce sont les micro-ordinateurs personnels qui sont à l'origine de la diffusion étendue de l'informatique : en 1985 le parc mondial est d'environ une vingtaine de millions de ces micro-ordinateurs (à moins de 10 000 dollars) pour quinze mille grands systèmes (à plus d'un million de dollars), deux cent mille systèmes moyens (à trois cent mille dollars en moyenne) et deux millions de petits systèmes de moins de 16 utilisateurs (à 10 000 dollars en moyenne). Cet essor a été l'occasion de voir surgir d'autres firmes, APPLE en particulier (1976) qui va dominer le segment des micro-ordinateurs de bureau jusqu'à l'arrivée plus tardive d'I.B.M. avec son P.C. en 1981. Reliés à d'autres au sein de réseaux locaux, éventuellement connectables à un (ou des) ordinateur(s) central(aux) plus puissant(s), accessible(s) également depuis des consoles, ils participent au nouveau concept naissant d'informatique distribuée. L'irradiation de la technique-mère n'a pas bousculé seulement le traitement de l'information, elle a atteint également la transmission de l'information.

2.3.3. La mutation des Télécommunications

42 La transmission de l'information uni-directionnelle n'a pas rencontré de grandes transformations avant celles qui émergent au début des années quatre-vingt. Jusque là, les liaisons hertziennes terrestres diffusent les émissions de radio et de télévision. Toutefois, dans les années soixante des réseaux câblés de télévision se sont installés aux Etats-Unis et Telstar a inauguré en 1962 une transmission d'images de télévision par satellite entre l'Europe et les Etats-Unis. Alors que les relais terrestres hertziens classiques tissaient des réseaux de diffusion indépendants, l'emploi des satellites va combinaison des transmissions uni- et bi-directionnelles : téléphonie et télévision vont se partager l'utilisation des satellites. Du point de vue de la réception des émissions et de leur stockage par le grand public, nous avons déjà noté (cf note (1), paragraphe 33) le passage à la couleur et au magnétoscope. Une autre combinaison avec la téléphonie apparaît grâce à l'émergence du vidéotex : des informations d'un nouveau type, en particulier des séries de données transmises sur des lignes téléphoniques et visualisables sur l'écran du téléviseur ou sur un terminal dédié comme le minitel en France. Nous sommes là encore en fin de période : l'annuaire électronique a été lancé en France avec le minitel en 1983 (et connaîtra un succès que le PRESTEL britannique, parti plus tôt en 1979, n'aura pas). Le téléviseur a pu servir aussi à l'ordinateur domestique (lancé par SINCLAIR en 1977 en Grande-Bretagne), même la baisse des coûts des micro-ordinateurs fait déjà apparaître en 1985 une tendance à l'indépendance de ces machines et à la multiplication des écrans domestiques. La maison s'équipe, on voit poindre la domotique.

43. La transmissions de l'information bi-directionnelle constitue ce que l'on appelle une communication, et lorsqu'elle se fait à grande distance, une télécommunication. Jusqu'au milieu des années soixante, elle est encore presque exclusivement téléphonique avec une place essentielle de la communication vocale interpersonnelle, même si l'essor du telex est impressionnant pour transmettre des textes qui restent courts, en raison même des délais de transmission : 10 secondes pour une page sur le réseau téléphonique habituel. Les gestionnaires de réseaux sont alors de véritables transporteurs d'information (carriers en anglais) qu'ils font circuler de manière analogique sous forme de variations du courant électrique le long d'une double ligne qu'il faut établir dans l'espace pour relier les deux correspondants. Des progrès considérables vont intervenir sur la mise en correspondance des communicants par les systèmes de commutation, sur les vitesses et les modes de transmission et corrélativement sur la nature des communications possibles.

44. La communication téléphonique fut d'abord manuelle à l'aide des fiches imaginées par l'américain JACK, établissant la communication au croisement de deux lignes sur un tableau carré. Très rapidement les recherches ont porté sur l'établissement d'une commutation automatique, chaque client disposant d'un numéro identificateur. Le premier système largement adopté a été celui proposé par STROWGER en 1891 qui, maintes fois amélioré, a cependant à peu près complètement disparu. En revanche, le système dit ROTARY, mis au point en 1897 par la Western Electric (A.T.T.), est encore en exploitation un peu partout dans le monde. Ces systèmes pas à pas ont été cependant complétés puis remplacés (en France à partir des années soixante) par des systèmes automatiques à commande centralisée. En 1960 apparaissent les premiers centraux téléphoniques à commande entièrement transistorisée (A.T.T. aux Etats-Unis, Antinea du C.N.E.T. en France). On parle de système spatio-temporel (semi-électronique space-division) car la commande électronique continue de mettre en place une connexion spatiale classique entre les abonnés dont les messages sont transmis analogiquement le long de la ligne physiquement établie et maintenue le temps de leur communication. L'emploi étendu de la technique électronique va conduire à la commutation temporelle. Elle est dite temporelle parce qu'elle ne met pas en relation effectivement continue deux abonnés. Elle leur livre par exemple 4 micro-secondes de conversation toutes les 125 micro-secondes..., ce qui revient à dire, s'il est possible de bien découper, qu'une seule voie de commutation peut traiter 30 conversations simultanément. Il y a un découpage temporel qui n'altère pas le message. Mais, pour le réaliser, il faut un matériel très précis et faire en sorte que les portions de messages sélectionnés ne subissent ni parasites ni distorsions. Pour y parvenir, il a fallu passer à la numérisation des messages. Les abonnés ne sont donc plus en relation directe ; cette relation est temporelle et en outre elle transite par une transformation en codage numérique binaire (en bits). Le central de commutation devient en fait une machine de traitement de l'information avec entrée et sortie analogique, mais surtout un lieu de traitement "numérique", c'est un véritable ordinateur. Le C.N.E.T. est à l'origine, en 1970, de PLATON, premier central temporel d'abonnés (2 000 lignes) mis en service en France à Perros-Guirec en 1970. Le central sera industrialisé par la C.G.E. sous le nom de E10 l'année suivante, et depuis toutes les grandes firmes mondiales proposent leur propre central tout électronique dont les performances s'accroissent grâce à l'emploi des circuits intégrés.

On voit ici clairement la convergence, par la diffusion des progrès de la technique-mère, des deux domaines traitement de l'information et transmission de l'information. Elle s'insinue dans les entreprises avec l'apparition, au début des années quatre-vingt, des centraux électroniques d'entreprises, les PABX. La commutation consiste donc à mettre au point une machine de traitement de l'information avec ses problèmes de matériel (hardware) et de logiciel (software) ou de service.

45. Sur les lignes des télécommunications, sur les réseaux, les services même lorsqu'ils sont restés, jusqu'aux années soixante, exclusivement des services de transports, ont toujours représenté un chiffre d'affaires multiple de celui des ventes d'équipement de commutation ou de transmission. Le service de transport demeure lié, pour le moins, à celui de gestion, de facturation. La gamme de services offerts va s'étendre de la communication vocale à la communication de données tout d'abord sur les voies habituelles puis sur d'autres en raison des besoins des entreprises : elles veulent échanger entre elles les données qu'elles utilisent sur leurs ordinateurs pour gérer peu à peu toutes leurs activités et alors qu'elle ont des implantations multiples dispersées sur un même territoire, bien vaste comme celui des Etats-Unis, et même parfois un peu partout sur la planète. De la même manière, la création ici ou là d'une grande banque de données suscite l'intérêt de pouvoir étendre sa consultation au-delà des usagers habituels ou des visiteurs (qui viennent dans le bâtiment) qui le peuvent à l'aide des consoles qui sont reliées à l'ordinateur central : pourquoi ne pas vendre de la consultation à distance ? Allant plus loin, on peut imaginer, quand on n'utilise pas toutes les capacités de traitement d'un gros ordinateur, vendre à quelques clients son utilisation partielle à distance... Face à de tels besoins, les transporteurs sont souvent publics (comme la D.G.T. en France), ou concessionnaire exclusif (comme A.T.T. sur Etats-Unis), pour couvrir l'ensemble d'un territoire national. Ils doivent mettre en place un réseau de densité à peu près équipartie et offrir une tarification permettant l'accès des ménages et des zones isolées à la téléphonie sans tenir compte des surcoûts relatifs ; c'est-à-dire qu'ils ont à pratiquer une péréquation généralisée qui amène également à surtarifier les communications longue distance et sous-tarifier les communications urbaines. Les progrès techniques liés à l'électronique ne vont qu'accentuer les écarts à compenser tandis qu'ils incitent à offrir un service -avancé ou à valeur ajoutée- qui va au-delà du transport de la voix : transport de données numériques avec adresses, stockages temporaires, établissement de lignes spéciales hertziennes ou autres à plus grande vitesse, courriers électroniques, nouveaux terminaux, répondeurs, radiotéléphonie, téléconférence, télécopie, courrier électronique. L'extrême diversification des prestations possibles, la manière de les mettre en place, la grande variabilité des coûts réels, celle des besoins et des capacités de dépenses selon les usagers incitent en particulier à ne plus considérer que les services de télécommunications pu. sent rester l'appanage d'un monopole public concédé ou non et à envisager également que la nature des terminaux employés puisse évoluer largement. Cette évolution a donné naissance à un mouvement tendant vers la déréglementation qui aboutit aux Etats-Unis, en 1984, au démantèlement d'A.T.T., tout en l'autorisant à proposer des services à valeur ajoutée et à se lancer dans l'informatique. Un mouvement de même type se fait sentir dans la plupart des pays industrialisés, lié très nettement à l'évolution technico-industrielle.

46 La numérisation récente de la commutation a été un stimulant complémentaire à celui que le mouvement vers cette déreglementation avait trouvé préalablement dans l'évolution des modes de transmissions : par l'utilisation de relais à ondes micrométriques et surtout des satellites afin de réaliser des liaisons spécialisées point à point pour des usagers peu nombreux mais ayant chacun des consommations très importantes. Les satellites constituent un des lieux d'interaction industrielle et technique entre deux complexes différenciés : l'électronique et l'espace. Les fusées nées de la deuxième guerre mondiale ne permettent de mettre des satellites en orbite qu'après le premier "Spoutnik" de 1957. Les programmes de rattrapage de la NASA nord-américaine et des militaires ont largement suscité le développement de la technique-mère vers la micro-électronique et ont continué de promouvoir le développement des techniques de télécommunications avec les engins mis en orbite terrestre, catapultés sur la lune ou encore expédiés au fin fond de l'univers. D'autres nations, en dehors des Etats-Unis et de l'U.R.S.S., se sont mis sur les rangs (l'Europe avec Ariane-Espace depuis 1984) pour offrir un service de lancement de satellites, en particulier de télécommunications (10). A partir de 1965, avec des fusées suffisamment puissantes, il va être possible de placer sur orbite équatoriale, à près de 36 000 kilomètres d'altitude, des satellites embarquant de l'électronique et qui, "transpondeurs", réceptionnent et réémettent en amplifiant les signaux. Sur une telle orbite, ils paraissent fixes dans le ciel : ils sont géostationnaires. Le premier d'entre eux, Early Bird, lancé en 1965, a permis d'offrir 240 circuits à cinq stations terrestres qui vont pouvoir organiser la téléphonie mondiale par faisceaux hertziens via satellites. Une organisation internationale à majorité américaine, INTELSAT, a régné pendant 20 ans sur le domaine tout en le gérant, jusqu'en 1984, comme un service public. D'autres organisations existent : Immarsat pour la navigation maritime et, dans les télécommunications, Eutelsat pour l'Europe, Arabsat pour les pays arabes, Intersputnik pour les pays communistes (mais théoriquement ouverte à tous). En 1983, Intelsat avait plus de 100 membres, disposait de 680 stations terrestres (propriété des pays membres), offrait 300 000 circuits téléphoniques selon plus de 1 000 chemins internationaux, 5 canaux de télévision et louait des transpondeurs à plus de 20 pays pour des besoins de communications intérieures. Le coût de location mensuel d'un circuit téléphonique, de près de 3 000 dollars en 1965, était tombé en 1983 à presque 300 dollars. Les techniques de réémission évoluent et l'on va passer, en particulier, de l'Accès Multiple à Répartition de Fréquences (AMRF), à l'Accès Multiple à Répartition Temporelle (AMRT) avec commutation de faisceaux à bord, ce qui va multiplier encore les capacités. Ces satellites transmettent non seulement des conversations téléphoniques, des émissions de télévision, mais aussi des transferts de données à très grandes vitesses, compatibles avec les rythmes de travail des ordinateurs qui sont ainsi reliés. Il y a en outre des satellites nationaux ou plurinationaux pour organiser des communications internes, téléphoniques, informatiques, ou encore de la télévision directe (D.B.S.). Il s'agit, grâce à des puissances accrues sur les satellites mis en orbite, de faire en sorte que chacun, grâce à une antenne personnelle (que les progrès de l'électronique permettent d'être de plus

-(10) Tout au moins sont candidats potentiels le Japon, la Chine, l'Inde, le Brésil.

en plus petite), reçoive l'émission du satellite. Dans le projet franco-allemand, il semble que les antennes nécessaires ne feront pas 80 centimètres de diamètre. Enfin, des sociétés privées, aux Etats-Unis surtout, se sont mis à utiliser des satellites pour transmettre leurs émissions de télévision à leurs têtes de réseaux câblés ou pour établir des communications à longue distance, ce qu'autorise la réglementation américaine à partir de 1973 sur le territoire américain, et pour les communications internationales après 1979. Ceci permet entre autres la mise en place de réseaux mondiaux privés -avec éventuelle revente de services- de télécommunications avancées (à valeur ajoutée) telles que celui de General Electric.

47. Les transmissions par câble ont certes pâti un peu de cette concurrence des liaisons hertziennes non terrestres, en dépit de progrès non négligeables. Les premiers câbles transmettaient le télégraphe mais manquaient nettement d'efficacité pour la téléphonie qui devait emprunter, par exemple à travers l'Atlantique, le système radio. Sur terre, les relais amplificateurs ne posent pas évidemment les mêmes problèmes d'installation. En 1956 a été posé le premier câble coaxial (TAT.1 utilisé jusqu'en 1978) transatlantique à répéteurs (à tubes) immergés. Il pouvait transmettre simultanément 36 conversations. L'emploi des transistors à partir de 1964 assurera pour ce type de transmission la possibilité de monter jusqu'à 3 500 communications. De nouveaux progrès importants sur le câble en cuivre n'ont pas été réalisés, en revanche un changement important vient de la mise au point du LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Il a été inventé en 1958 par TOWMES à la suite du Maser (M comme Microwave), dont il est également le co-inventeur (et co-prix Nobel de physique en 1964) et utilise entre autres le principe du pompage optiques. Ils sont utilisés comme moyens d'analyse, comme porteurs d'énergie (pour découper de la tôle, du tissu textile, ou du tissu humain en chirurgie...) ou comme supports d'information. Le laser permet en effet d'obtenir un faisceau de lumière cohérente que l'on peut moduler pour transmettre une information. Cette idée avait déjà été brevetée par BELL lui-même en 1880, mais il a fallu attendre le laser pour disposer d'une telle lumière. En outre, il lui faut un guide efficace. La fibre de verre semble tout indiquée, malheureusement l'atténuation est très forte. Dans une fibre de verre ordinaire, au bout de 1 kilomètre il ne reste plus que 10^{-100} de l'énergie introduite, autant dire rien. Les progrès obtenus à l'aide de fibres de silice ont été considérables. En 1972, la firme américaine Corning Glass réussissait à maintenir 40 % de l'énergie, soit une atténuation calculée de 4 décibels par kilomètre. Aujourd'hui il semble que l'on soit à une atténuation de l'ordre du décibel par kilomètre. Les fibres optiques sont donc déjà opérationnelles et offrent en outre des bandes passantes très larges. Elles ne semblent cependant pas concurrencer dans l'immédiat les applications actuelles des transmissions par satellites mais sont particulièrement adaptées aux transmissions à très haut débit sur courte distance (réseaux locaux informatiques) ou en milieux électromagnétiques et électrostatiques hostiles (communications militaires). Toutefois, il était prévu de faire entrer en service, pour 1988, "TAT-8", un câble en fibre optique de 6 600 km entre les Etats-Unis et l'Europe, capable de transporter à une vitesse considérable (280 millions de bits par seconde) 40 000 conversations téléphoniques simultanées et à un coût correspondant à un

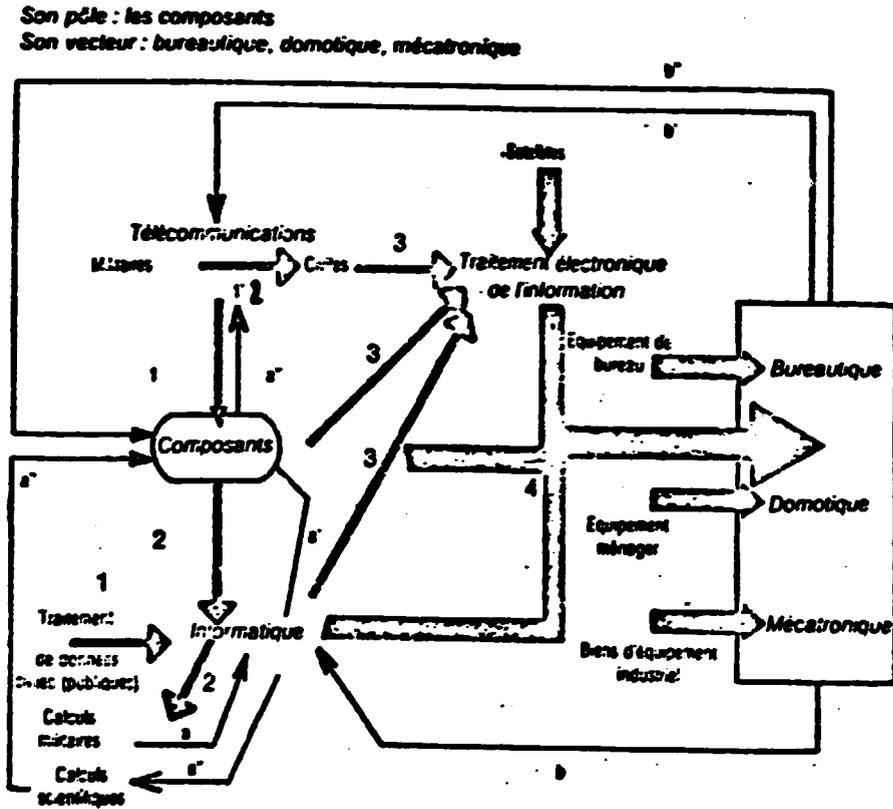
en plus petite), reçoive l'émission du satellite. Dans le projet franco-allemand, il semble que les antennes nécessaires ne feront pas 80 centimètres de diamètre. Enfin, des sociétés privées, aux Etats-Unis surtout, se sont mis à utiliser des satellites pour transmettre leurs émissions de télévision à leurs têtes de réseaux câblés ou pour établir des communications à longue distance, ce qu'autorise la réglementation américaine à partir de 1973 sur le territoire américain, et pour les communications internationales après 1979. Ceci permet entre autres la mise en place de réseaux mondiaux privés -avec éventuelle revente de services- de télécommunications avancées (à valeur ajoutée) telles que celui de General Electric.

47. Les transmissions par câble ont certes pâti un peu de cette concurrence des liaisons hertziennes non terrestres, en dépit de progrès non négligeables. Les premiers câbles transmettaient le télégraphe mais manquaient nettement d'efficacité pour la téléphonie qui devait emprunter, par exemple à travers l'Atlantique, le système radio. Sur terre, les relais amplificateurs ne posent pas évidemment les mêmes problèmes d'installation. En 1956 a été posé le premier câble coaxial (TAT.1 utilisé jusqu'en 1978) transatlantique à répéteurs (à tubes) immergés. Il pouvait transmettre simultanément 36 conversations. L'emploi des transistors à partir de 1964 assurera pour ce type de transmission la possibilité de monter jusqu'à 3 500 communications. De nouveaux progrès importants sur le câble en cuivre n'ont pas été réalisés, en revanche un changement important vient de la mise au point du LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Il a été inventé en 1958 par TOWMES à la suite du Maser (M pour Microwave), dont il est également le co-inventeur (et co-prix Nobel de physique en 1964) et utilise entre autres le principe du pompage optique. Ils sont utilisés comme moyens d'analyse, comme porteurs d'énergie (pour découper de la tôle, du tissu textile, ou du tissu humain en chirurgie...) ou comme supports d'information. Le laser permet en effet d'obtenir un faisceau de lumière cohérente que l'on peut moduler pour transmettre une information. Cette idée avait déjà été brevetée par BELL lui-même en 1880, mais il a fallu attendre le laser pour disposer d'une telle lumière. En outre, il lui faut un guide efficace. La fibre de verre semble tout indiquée, malheureusement l'atténuation est très forte. Dans une fibre de verre ordinaire, au bout de 1 kilomètre il ne reste plus que 10^{-100} de l'énergie introduite, autant dire rien. Les progrès obtenus à l'aide de fibres de silice ont été considérables. En 1972, la firme américaine Corning Glass réussissait à maintenir 40 % de l'énergie, soit une atténuation calculée de 4 décibels par kilomètre. Aujourd'hui il semble que l'on soit à une atténuation de l'ordre du décibel par kilomètre. Les fibres optiques sont donc déjà opérationnelles et offrent en outre des bandes passantes très larges. Elles ne semblent cependant pas concurrencer dans l'immédiat les applications actuelles des transmissions par satellites mais sont particulièrement adaptées aux transmissions à très haut débit sur courte distance (réseaux locaux informatiques) ou en milieux électromagnétiques et électrostatiques hostiles (communications militaires). Toutefois, il était prévu de faire entrer en service, pour 1988, "TAT-8", un câble en fibre optique de 6 600 km entre les Etats-Unis et l'Europe, capable de transporter à une vitesse considérable (280 millions de bits par seconde) 40 000 conversations téléphoniques simultanées et à un coût correspondant à un

niveau situé entre 25 et 60 % de celui prévalant sur le câble coaxial (en cuivre) précédent TAT-7.

2.4. L'installation d'un nouvel âge technico-industriel

Tableau I_4 : LA STRUCTURATION DE L'AGE ELECTRONIQUE



Source : "Mécatronique et modernisation industrielle", Marc HUMBERT, Les Enjeux, n° 52, novembre 1984

48. Le tableau précédent schématise comment se sont situés, autour des composants, deux domaines technico-industriels nés au 19e siècle et restés bien distincts

jusqu'au début des années cinquante. Ils constituaient pour l'un, appelé ici "informatique", le traitement de l'information ou plutôt des données, exclusivement par le calcul tout d'abord, pour l'autre, dénommé "télécommunications", la transmission de l'information ou plus exactement pour l'essentiel la communication vocale interpersonnelle (téléphonie) et la diffusion uni-directionnelle de sons et d'images. Sous l'impact principal de l'évolution de la technique-mère, qui devient, selon une appellation commune, micro-électronique, et diffuse dans les deux domaines, l'essor prodigieux de l'informatique à partir des années soixante tend à la faire devenir une informatique communicante : informatique distribuée, répartie, portabilité des systèmes d'exploitation entre les machines, réseaux locaux et communication à distance de données entre ordinateurs -appelée télématique en France-, mouvement vers l'inter-opérabilité des machines de traitement de l'information capables de travailler non seulement comme calculatrice sur des nombres, mais de traiter des textes, des images, des sons.

49. Sous le même effet, les télécommunications sont profondément bouleversées, passant d'une utilisation modérée de la technique-mère et de modes de transmission analogique vers une transmission et une commutation numériques. Cette mutation est en voie d'achèvement pour la téléphonie, elle reste à venir mais prévisible (cf I.3) pour la télédiffusion, elle se lance même vers un mariage entre l'optique et l'électronique, l'optronique des lasers et fibres optiques. Cette insertion de la micro-électronique étend en outre les services qu'il est possible d'offrir quand est établie une télécommunication : celle-ci exige maintenant un traitement important de l'information pour la numériser, la mettre en paquets, la multiplexer, la commuter, la restituer. La proximité nouvelle des anciens métiers est principalement illustrée par les deux géants américains de chacun des sous-domaines auparavant distincts : A.T.T. et I.B.M. Ils s'efforcent l'un et l'autre de prendre pied dans les activités qui semblaient jusqu'ici réservées à l'autre. C'est A.T.T. qui se lance dans l'informatique et offre son système d'exploitation UNIX comme standard à venir de l'informatique télécommunicante. C'est I.B.M. qui se lance dans les centraux de commutation privés (PAB), les télécommunications par satellites et les grands réseaux à valeur ajoutée, les vidéotex, etc.

50. Dans les ateliers d'usine ou les laboratoires, dans les bureaux des entreprises et des administrations grandes ou petites, chez les particuliers, partout la technique électronique peut permettre de régler des problèmes de manipulation électronique de l'information qui allie en général transformation locale et transmission. Si les besoins de communication à longue distance et de communication de flux important demeurent la spécificité des télécommunications, si les principes de la manipulation électronique de l'information continuent de constituer ce que nous appelons informatique, il sont ici même fortement imbriqués : un central de commutation c'est de l'informatique. En outre, les spécialistes de l'un ou de l'autre sont à même de répondre aux besoins spécifiques et différenciés des ateliers, des bureaux, des maisons particulières dont les équipements sont renouvelés. La Mécatronique doit apporter la nouvelle conception de la machine, du processus de transformation qui fut manufacturier, et qui doit allier aujourd'hui la mécanique et l'électronique, les matériels et les logiciels, ce qui en fait une activité que l'on peut dire

cérébrofacturière. La Bureautique amène la transformation profonde de toutes les activités de bureau ; archivage, classement, production de documents, d'originaux et de copies, voire impression et diffusion à l'intérieur d'organisations dont ce n'était pas le métier, sont devenus possibles, permettant d'aller bien au-delà de la gestion "informatisée" du personnel et de la comptabilité. Enfin, l'équipement ménager se trouve lui-même en voie de transformation tout en exigeant lui aussi des développements spécifiques. Il ne s'agit pas seulement de faire évoluer le téléphone en terminal intelligent, d'associer le téléviseur et le magnétoscope, de faire évoluer le compact disque vers un périphérique de micro-ordinateur, mais aussi de "câbler" l'habitat pour le rendre intelligent, assurer sa sécurité, sa climatisation, gérer éventuellement à distance, les multiples appareils de production et de service ménagers : la domotique constitue ainsi, elle également, une sorte de nouveau produit-complexe au même titre que bureautique ou mécatronique et faisant appel au même complexe technico-industriel de l'électronique.

51. Enfin, le niveau de maturité atteint par ce complexe technico-industriel a amené une évolution extrêmement importante en ce qui concerne non seulement la manipulation de l'information, mais l'information elle-même. L'information n'a d'existence que communiquée (ou pour le moins communicable), ce qui exige «une mise "en forme" d'un substrat matériel» (L. GILLE, 1987, p. 30) et constitue un original qui sera délivré tel quel ou dupliqué. A l'exception du vécu sans intermédiaire -le tête à tête, l'action directe ou le spectacle vivant- mettre en forme ou délivrer une information, c'est-à-dire son «paquetage» (L. GILLE, Ibid) et sa manipulation, qui constituent un service d'information ou de communication, se réalise de plus en plus grâce au recours à l'électronique qui rend ce service plus performant. De la création à la réception, en passant par la rédaction, production, édition, programmation, distribution, diffusion, tous les types d'information : presse-édition, audiovisuel, cinéma, et pas seulement ceux précisés précédemment (communication interpersonnelle, informatique, bureautique), sont entrés de par l'emploi de l'électronique et la numérisation dans une période de transition et de convergence. Ceci résulte de ce que l'on peut appeler le nouvel alphabet universel de la communication (HUMBERT, 1987, p. 43), les alphabets qui constituent les éléments que traitent les briques de base de la construction électronique. Le nouvel âge technico-industriel qui se met en place est bien ainsi celui de la communication.

3. Perspectives techniques des années quatre-vingt-dix

52. L'évolution technique des prochaines années sera principalement le fait des acteurs actuellement dominants du complexe technico-industriel. Les perspectives présentées ci-après sont de fait conformes à celles de ces acteurs, par exemple, aux perspectives qu'a présentées J.S. MAYO, vice-président pour les systèmes réseaux aux laboratoires BELL d'A.T.T. (1985, p. 132), ou encore à l'enquête réalisée par le journal japonais Nikkei Electronic en 1988 auprès des principaux responsables de la recherche des

laboratoires publics et des entreprises de l'électronique au Japon (F. GROUT, 1988). Elles résultent d'une synthèse de très nombreuses informations ponctuelles reprises dans des revues professionnelles qui ne seront pas systématiquement citées. Cette synthèse nous a confirmé la pertinence de l'approche développée dans les sections précédentes, ce qui nous permet de présenter les perspectives des années quatre-vingt-dix comme celle d'une période d'approfondissement et d'élargissement de l'emprise d'un complexe technico-industriel, dont les contours sont déjà bien définis et non pas comme celle des nouvelles ruptures. L'évolution se poursuivra autour de la même technique-mère mais en interactions croissantes avec certaines techniques affluentes, privilégiant l'opto-électronique. L'essor de la numérisation de l'information va toucher principalement le domaine de la Télévision (plus largement l'audiovidéo) et celui des réseaux avec la grande affaire du RNIS, les "Réseaux Numériques à Intégration de Services". Ces extensions de capacité jointes aux puissances accrues de traitement vont tirer toutes les machines à traiter de l'information vers plus d'intelligence, voire vers le traitement des connaissances, ce sont, en horizon plus lointain, les services étendus du RNIS, l'Intelligence Artificielle de la cinquième génération d'ordinateurs, la maison intelligente de la Domotique, l'usine sans homme de la mécatronique qui finalisent et stimulent les efforts des années à venir d'ici l'an 2000.

3.1. Approfondissement de la technique-mère : progrès des briques de base

53. L'évolution de la densité d'intégration des briques de base, des puces et en particulier des mémoires, a constitué un élément essentiel du passage à l'âge de l'électronique, permettant d'incorporer des machines à traiter de l'information dans la plupart des activités (voir chapitre II). Les besoins en densité d'intégration, c'est-à-dire de traitement de quantités beaucoup plus grandes encore d'informations restent potentiellement très importants et ouvrent des possibilités de fonctionnement avec des performances accrues pour toutes ces activités. Est-il possible d'envisager la poursuite du rythme passé très rapide avec lequel l'intégration s'est intensifiée, tout en restant sur la même lignée technique ?

54. Sur l'exemple des mémoires D.RAM (Dynamic Random Access Memory), on peut reprendre l'analyse présentée par C. PARE dans le cadre d'une étude de prospective pour le plan français (de ROBIEN, 1986, p. 52-53) et à laquelle nous avons participé. Plusieurs facteurs interviennent dans la croissance du niveau d'intégration :

(i) les largeurs de ligne (L). Plus la définition est fine, plus grand est évidemment le nombre d'éléments que l'on peut créer sur le substrat. Le motif élémentaire est déterminé par la surface que définit l'intersection de deux lignes, le pixel. Les techniques de dessin sur le substrat sont évidemment importantes.

(ii) les astuces de conception. Les concepteurs s'efforcent de stocker un bit d'information en utilisant le moins de pixels possibles, soit N ce nombre minimum. On est déjà parvenu à passer d'une cellule de trois à un seul transistor, reste à réduire la place de celui-ci...

(iii) la surface S du circuit et son taux R (%) de remplissage. Une partie de la surface ne sert pas à stocker des bits d'information mais ceux entrés et sortis. On cherche donc à améliorer R et à accroître S. S doit cependant rester limitée pour au moins deux raisons. La première parce que les rendements décroissent très vite avec la surface, d'autre part parce que la puissance dissipée s'accroît fortement (même si elle diminue avec la largeur de ligne). Le tableau ci-après résume l'évolution probable d'ici l'an 2000 et ce que l'on considère aujourd'hui comme du domaine du possible.

Tableau I-5 : LES DETERMINANTS DES PROGRES DE L'INTEGRATION

	1960	1984	2000	Potentiel
L (Microns)	60	2,4	2,25	0,15 (1)
Pixel (Micron ²)	3 600	5,76	0,0625	0,0225
N (pixels/bit)	100	12	6	2,8
R (%)	36	52	60	75
S (MM ²)	1	35	100	200
Bits/circuit	1	256 Kbit	18 Mbit	> 1 Gbit

(1) Des largeurs de ligne bien inférieures au micron commencent à être explorées, mais à ces dimensions on ignore tout des effets électroniques à prendre en compte, des coûts de fabrication, des rendements, etc.

Source : De ROBIEN (1986, p. 53).

55. A l'heure actuelle, sont vendues des mémoires 1 Mbits (1 méga = 1 million de bits) qui comportent deux millions de composants. Les mémoires 4 Mbits avec une largeur de ligne entre 0,8 et 1 micron ont déjà été échantillonnées par les grands constructeurs qui annoncent pour 1990 l'échantillonnage de mémoires 16 Mbits. Dès maintenant leurs laboratoires envisagent la production de mémoires 64 Mbits qui pourraient donc entrer en production de masse vers l'an 2000. Nous donnerons dans les paragraphes qui suivent des précisions qui éclairent la certitude de ces perspectives dont l'importance est considérable. Elle signifie en particulier que la production des briques de base va suivre la même tendance que celle des 15 dernières années et que l'ensemble de la construction électronique poursuivra elle aussi, au même rythme, l'amélioration de ses performances : ceci au moins d'ici l'an 2000. D'ailleurs, même si le développement technique des briques de base venait à se ralentir ensuite, les décalages pour leur emploi dans la construction électronique assureraient à celle-ci quelques années supplémentaires d'évolution rapide. Il

est bien sûr impossible de prévoir avec la même certitude ce que la construction électronique va réaliser avec les futures briques de base. Toutefois, il faut tabler non pas sur un arrêt ou un ralentissement mais un maintien du rythme d'évolution des performances des circuits intégrés d'ici à l'an 2000.

56. Au cours de la fabrication des circuits intégrés, il y a trois étapes particulièrement délicates quand on accroît fortement l'intégration. La première est celle de la conception du circuit et son dessin sur lequel il va falloir placer et coordonner à la fin du siècle pas loin de 100 millions de composants. Les problèmes devront être résolus grâce à des outils que la construction électronique élabore elle-même et qui tendent vers l'intelligence artificielle. Nous y revenons au point 3.3. La seconde concerne la lithographie. Il s'agit de reproduire le dessin du circuit sur la plaquette de silicium. Trois techniques sont actuellement disponibles. La lithographie optique, presque exclusivement utilisée jusqu'à présent, était réputée inopérante en-dessous d'une largeur de 2 microns. Après avoir réalisé un masque, on réduit optiquement à l'aide d'une lentille d'un appareil photoréducteur en répétant le dessin sur toute la surface du disque de silicium, le wafer, qui comporte en général n fois le même circuit. Il s'agit donc de photolithographie, qui bute sur une limite évidente : le degré de précision des structures ne peut excéder la longueur d'onde de la lumière servant à l'exposition (on projette le dessin sur une résine photo sensible). Aujourd'hui, les producteurs d'équipement offrent -comme ASM Lithography- des photorépétiteurs optiques capables d'une écriture en production de 0,6 microns, munis de lentilles opérant avec une lumière de longueur d'onde de 0,365 microns. Ces équipements permettront la production de mémoires 4 Mbits. Ils préparent en outre des photorépétiteurs travaillant avec une lumière (dans les ultraviolets du spectre du mercure) de longueur d'onde 0,248 microns et qui autoriseront des gravures minimales de 0,3 microns. Les difficultés qui restent à résoudre pour produire les mémoires 4 Mbits et 16 Mbits du côté de l'équipement de lithographie, concernent la précision du positionnement-déplacement respectif des marques et des substrats, ce qui s'obtiendra certainement par l'intégration de systèmes d'alignement automatique.

57. La deuxième technique disponible aujourd'hui est celle des photorépétiteurs à rayons X. Les équipements disponibles jusqu'ici satisfaisaient au mieux à des règles de conception de 0,5 micron, les nouveaux équipements, à partir de sources synchrotron, permettraient une écriture de largeur minimale de 0,2 micron, c'est-à-dire ce qui rend possible des mémoires 64 Mbits. Par ailleurs, rappelons qu'en laboratoire N.T.T. avait annoncé en 1987 une écriture au rayon X de 0,01 micron... Manifestement la lithographie n'est pas un facteur limitatif. Elle dispose en outre d'une troisième technique, celle de l'écriture directe par faisceau d'électrons. Cette technique s'est peu développée car, bien qu'elle ne nécessite pas de masques, ce qui pouvait la rendre attractive pour des petites séries, l'équipement a un coût extrêmement élevé et les temps d'exposition sont très longs. Pratiquement il s'agit encore d'une technique de laboratoire mais aux possibilités de précision extrêmement importantes, très inférieures au micron. Elle assure des potentialités dans la poursuite de la miniaturisation des circuits peut-être plus pour des circuits spécifiques (voir paragraphe 60), que pour les circuits standards.

58. Une dernière étape particulièrement délicate, une fois que l'on a délimité le dessin des structures, est évidemment de les réaliser, étape dite de la gravure ("etching"). Outre la technique classique dite RIE (Reactive Ion Etching), on dispose maintenant de techniques concurrentes qui présentent une énergie réduite de bombardement d'ions tout en permettant une sélectivité plus grande. Ces techniques sont pour certaines d'ores et déjà opérationnelles, les techniques MIE (Microwave Ion Etching), et E.C.R. (Electron Cyclotron Resonance), d'autres en développement comme la gravure par faisceaux d'ions focalisés. Ces précisions permettent de nous convaincre du caractère certain de la miniaturation poursuivie des mémoires et plus largement des briques de base.

59. Ces modules de base que constituent les micro-processeurs ne se démodent pas au même rythme endiablé que les simples mémoires, même si leur densité d'intégration suit. La raison en est évidente : il s'agit déjà d'un système extrêmement complexe. Certes, on distingue aussi pour eux également des niveaux de complexité. Depuis le premier micro-processeur 4004 d'INTEL travaillant sur des mots de 4 bits, sorti en 1971, on est passé à des mots de 8 bits dès 1974 (8008 d'INTEL), de 16 bits encore avec INTEL en 1978 (le 8086), enfin, le premier micro-processeur à véritable architecture interne en 32 bits a été celui de National Semi-Conductor (NS 32016) en 1982. Toutefois si l'utilisation des circuits peu intégrés tend à disparaître, en revanche on continue à utiliser les micro-processeurs à mots plus courts. Une enquête menée auprès de la "Japan Electronic Industry Development Association" en 1986, a montré qu'ils n'utilisaient les micro-processeurs 52 bits que pour des systèmes d'un prix situé entre 40 000 F et 400 000 F, et ces applications concernent à 70 % des outils de conception assistée, de robotique, de télécommunications avancées ou de l'électronique militaire et seulement à 30 % la bureautique et la micro-informatique. En revanche, cette application serait la vedette (84 %) en 1990. Pour le moment, on ne voit pas l'intérêt de micro-processeurs à mots de 64 bits : de nombreuses applications se contentent de micro-processeurs 8 bits. En 1984, plus de 85 % du nombre des micro-processeurs vendus dans le monde (585 millions d'unités) étaient des micro-processeurs 8 bits pour une valeur égale à la moitié des ventes mondiales de micro-processeurs. Toutes les prévisions s'accordent à considérer que le taux de croissance annuel de ses ventes restera très élevé (de l'ordre de 25 % en volume et de 18 % en valeur), même si celles des micro-processeurs 16 bits et 32 bits lui seront supérieurs. L'évolution technique est celle de la diffusion massive de ces modules de base de traitement de l'information et au milieu des années quatre-vingt-dix on devrait dépasser une production annuelle d'un milliard de micro-processeurs. Le tableau ci-après reprend deux schémas qui associent l'évolution des circuits intégrés et des micro-processeurs.

60. L'évolution des micro-processeurs pourrait cependant être marquée par quelques événements. Dans chaque catégorie de micro-processeurs il y a plusieurs générations et 1988 a vu apparaître non seulement des nouvelles générations chez les constructeurs habituels, mais aussi une nouvelle conception avec les micro-processeurs TRON des fabricants japonais. TRON amène une nouvelle conception du système d'exploitation, tandis que les fabricants américains semblent s'aventurer en quittant l'architecture traditionnelle CISC (Complex Instruction Set Computer) pour émigrer vers une architecture RISC (Reduced Instruction Set Computer) qui permet d'obtenir beaucoup plus d'un même potentiel en matériel. Beaucoup d'applications, en outre, n'utilisent pas directement des micro-processeurs mais des micro-contrôleurs qui sont composés d'un micro-processeur, de dispositifs d'entrée-sortie, de mémoires périphériques, horloges, compteurs, le tout sur une seule puce. En 1984, on en a vendu dans le monde quatre fois plus que de micro-processeurs seuls. Ce sont des micro-systèmes de traitement de l'information, plus spécialisés que les micro-processeurs, certains sont destinés aux magnétoscopes ou aux terminaux téléphoniques (avec des micro-processeurs 4 bits), d'autres à des fonctions de contrôle dans l'automobile (avec des 16 bits), etc. La plupart des micro-processeurs sont eux-mêmes destinés directement et presque exclusivement à des micro-ordinateurs comme le 80286 d'INTEL pour le PC-AT d'I.B.M. et pour tous les "clones".

61. On voit clairement combien le composant unitaire, en raison de son extrême densité d'intégration, constitue plus que jamais -hormis les circuits mémoires- un système qui doit se trouver très proche d'une application. A l'exception des systèmes offrant de grands débouchés de produits relativement standardisés : la micro-informatique, l'automobile, les biens d'électronique grand public, le RNIS et ses terminaux demain peut-être, les circuits intégrés doivent être définis en fonction d'applications spécifiques et avec une échelle de production relativement réduite qui ne permet pas d'atteindre, avec des techniques équivalentes, la même productivité que sur les produits de grande échelle. On verra donc se poursuivre le développement des circuits dits ASIC's "Application Specific Integrated Circuits" ou encore circuits à la demande, circuits sur mesure, circuits personnalisés. Les circuits complètement sur mesure (Full custom), en raison de leurs coûts, resteront du domaine du très petit nombre (applications militaires), tandis qu'en revanche des circuits à réseaux prédéfinis "gate arrays", où l'on réalise les connexions en fonction de l'application, où les définitions d'application en partant de bibliothèque de cellules précaractérisées "standard cells", devraient continuer à se développer. Pour le clonage des P.C., ou des nouveaux P.S. d'I.B.M., un certain nombre de firmes offre à côté des micro-processeurs des ASIC's. Texas Instrument elle-même propose, à travers sa filiale japonaise, un ensemble de 5 circuits intégrés pour P.C.-A.T....

3.2. Rapidité et facilité des communications : opto-électronique et normalisation

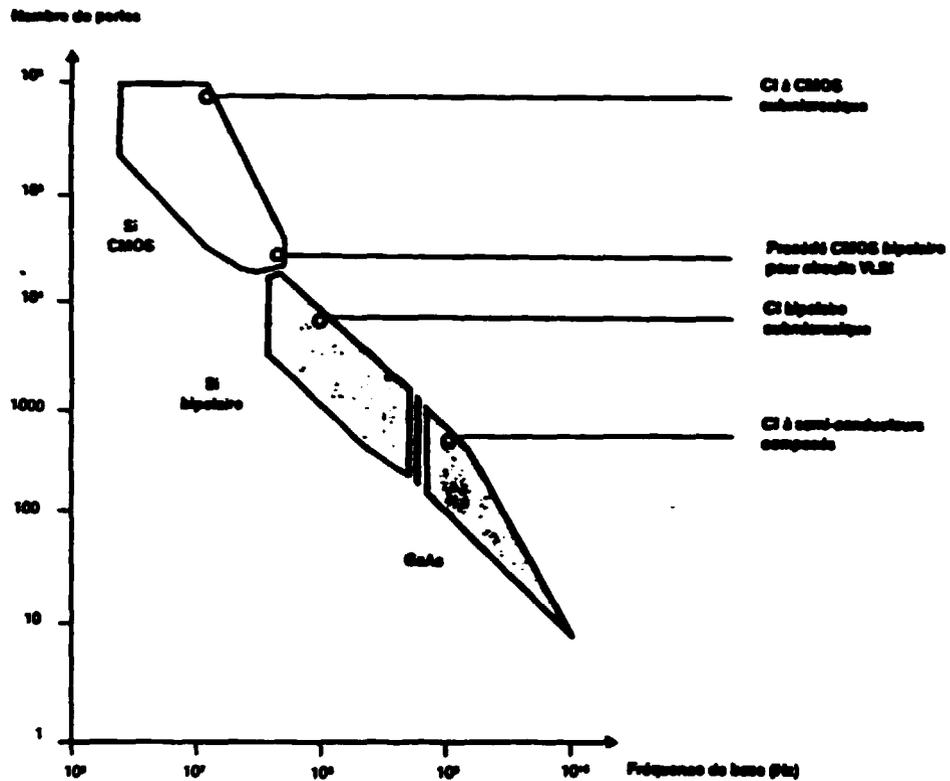
62. En dehors de la finesse de l'écriture et de la gravure des circuits, ce qui permet leur miniaturation pose aussi le problème de la concentration de très nombreux composants sur un tout petit espace ; d'un côté cela rend possible une rapidité plus grande de réaction, de l'autre cela conduit, de par la consommation concentrée d'électricité, à une chaleur dissipée trop élevée. Dans ce dernier domaine, les possibilités de la supra-conductivité et ses propriétés découvertes pour un certain nombre de céramiques à des températures qui s'éloignent peu à peu du zéro absolu, l'annonce par I.B.M. Zurich en avril 1987 du fonctionnement d'un dispositif électronique à supra-conducteur ("*a simple working micro-electronic device with sprayed-on ceramic superconductor*") ont laissé croire quelque temps à une rupture technique proche. En réalité, il s'agit encore de travaux de laboratoires dont on ne peut prédire d'implications effectives importantes en électronique pour les douze années qui viennent. Beaucoup d'autres domaines prometteurs commencent à être l'objet, depuis 20 ans, de recherche dans les laboratoires, comme les fonctions Josephson par exemple ; les supra-conducteurs font partie, par le moment, de ces domaines.

63. La recherche de rapidité empruntera donc soit la voie classique, soit d'autres voies que la supra-conductivité. Depuis de nombreuses années, les recherches sur les composés III-V de la classification des éléments ont prévu un bel avenir à l'Arséniure de Gallium, AsGa, comme devant remplacer le silicium. Le fait est que ce matériau permet des rapidités plus grandes (voir tableau I-7), mais avec une intégration beaucoup plus faible. Il semble que cette fois l'AsGa va quitter le domaine des composants discrets (de l'opto-électronique et des hyperfréquences) pour entrer dans celui des circuits intégrés numériques (en France Thomson Hybride et Micro-ondes a ouvert un service de fonderie).

3.2.1. Recherche de combinaisons techniques

64. Par ailleurs, il semble qu'il y ait à nouveau une remise en cause plus large de la distribution des performances relatives selon les catégories de circuits intégrés et que les prochaines années soient certainement celles des hétéro-structures.

Tableau I-7 : LES PERFORMANCES RELATIVES DES CIRCUITS INTEGRES, SELON LA TECHNIQUE



Source : Document ESPRIT (C.E.E.), 30/06/86.

65. Jusqu'à il y a peu, les circuits intégrés, presque exclusivement construits sur substrat de silicium, étaient subdivisés en deux grandes catégories techniques. Les bipolaires, circuits les plus rapides commandés par un courant électrique, utilisent plus d'électricité et dissipent plus de chaleur que les circuits MOS (Metal-Oxyde Semiconductor) qui sont commandés par une tension appliquée aux portes (transistors à effet de champ, "FET") et sont donc unipolaires. Parmi les circuits bipolaires, le type le plus largement utilisé est le T.T.L. (Transistor-Transistor Logic), tandis que les E.C.L. (Emitter-Complied Logic) et I²L (Integrated injection Logic) sont plus intégrés. Chez les MOS, après les N-MOS et P-MOS (suivant qu'on utilise les déplacements des électrons ou des trous), ce sont les C-MOS (MOS Complémentaires) qui ont été bientôt les plus utilisés, par ailleurs des applications particulières ont amené à produire des SOS (Silicium On Sapphire) et des C.C.D. (Charge-Coupled Device). Plus généralement, les C-MOS se sont révélés plus faciles à produire, plus adaptés au traitement de signaux numériques et ont peu à peu gagné en rapidité, se rapprochant en la matière des performances des circuits bipolaires tout en gardant leurs

avantages initiaux, tandis que les bipolaires en silicium se faisaient dépasser en rapidité par les circuits à l'AsGa.

66. Les MOS s'étaient imposés non seulement dans les circuits intégrés de traitement de l'information, mais aussi peu à peu dans l'électronique de puissance, où les transistors servent en particulier de redresseur (thyristor et diode redresseur en silicium) pour des puissances élevées. En revanche, on voit arriver aujourd'hui des transistors bipolaires très rapides (tels que l'E.T.D. de Thomson) qui devraient remplacer les MOS dans un certain nombre de situations. Toutefois, on prévoit encore une montée en puissance des MOS, on annonce des modèles pour des puissances très élevées -plusieurs Mégawatts- et surtout des véritables circuits intégrés de puissance (bipolaires ou MOS) avec des zones logiques de véritable traitement sophistiqué de l'information associé à l'application de puissance.

67. Une autre manière de gagner en rapidité consiste, comme on l'a fait peu à peu pour les circuits imprimés dans le passé, à ne plus se contenter d'une seule couche de circuits intégrés, mais de faire du multicouche, ce qu'on appelle les circuits intégrés 3D, ou 3 dimensions. Ces circuits permettent d'accroître les effets de la miniaturisation en permettant une interconnexion miniaturisée de deux sous-ensembles superposés, facilitant des traitements en parallèle. Les premiers circuits sortent des laboratoires japonais, par exemple chez Mitsubishi un circuit de traitement d'image en trois couches interconnectées via des trous verticaux de 1 à 2 microns de diamètre et des longueurs de connexion de la même taille. Sur les couches supérieures se trouve le capteur d'image, en-dessous un convertisseur analogique numérique associé à chaque point image et dans la couche inférieure les circuits de traitement arithmétique et logique. Le circuit actuel est un capteur 5x5 pixels avec 11 000 éléments actifs qui capte, numérise et traite en parallèle l'image. Il constitue le prototype d'un sous-ensemble d'un capteur 500x500 pixels en développement. Parmi les problèmes techniques à résoudre pour la production industrielle, il faut évidemment souligner celui de la superposition des couches. Mitsubishi forme au-dessus de la première couche habituelle, recouverte d'un isolant, une couche de 0,5 micron de silicium monocristallin obtenu par recristallisation laser de silicium polycristallin. Toshiba utilise un système à faisceaux d'électrons. A l'évidence, le programme 3D japonais, lancé en 1983, devrait se terminer en 1990 avec les succès escomptés, certes moins spectaculaires que ceux du programme VLSI, mais, associé aux densités d'intégration planes de l'époque, cela devrait donner des produits remarquables dans les années quatre-vingt-dix.

68. L'une des logiques qui pousse vers le développement de ces circuits 3D tient à la volonté de ne pas perdre dans les connexions entre divers composants très intégrés les avantages acquis par leur très grande intégration. C'est celle qui consiste en quelque sorte, quand l'intégration n'est plus possible côte à côte, d'empiler et elle se poursuit : quand on doit faire une architecture utilisant des composants très divers, que faire ? La solution optimale, mais coûteuse, est de faire fabriquer à la demande un circuit intégré spécifique, un ASIC's (cf paragraphe 61) ; outre le coût, il est possible que l'importance de l'application ne permette pas, pour le moment, au niveau d'intégration atteint, ni en deux dimensions, ni en

trois dimensions. La solution faisable est alors le circuit hybride à mi-chemin entre le circuit intégré et le circuit imprimé. Il existe certes des circuits hybrides standards (amplificateurs, convertisseurs), mais dans la logique de son développement ce circuit est un circuit qui doit correspondre à une application et doit être réalisé à la demande. Ils permettent, sous un format extrêmement réduit avec fiabilité comparable à celles des circuits intégrés, de remplir une fonction, en général remplie par au moins tout un ensemble de composants disposés sur une carte de circuits imprimés.

69. C'est la conception des circuits hybrides qui est à l'origine de la technique des composants pour montage en surface, C.M.S. (M.S.D., Surface Mounted Device) applicable pour toutes les opérations sur circuits imprimés et facilitant les techniques d'insertion automatique. Cette technique devrait se généraliser dans les années à venir. La connexion de composants dans un circuit, imprimé en particulier, pose le problème de la taille des broches, énormes, par rapport à la taille du composant lui-même, la puce par exemple. Ces broches s'inséraient dans des trous et il fallait ensuite souder au dos du circuit toutes ces broches. L'idée a été de coller le composant et de souder des connexions les plus courtes possibles sur les points de contacts établis au moment du collage. La plupart des types de composants sont aujourd'hui disponibles et peuvent être implantés concurremment aux procédés classiques sur une même carte classique de circuit imprimé en résine époxyde. Du fait de l'élasticité de la soudure, et en dehors des conditions extrêmes, celle-ci tient en dépit de coefficients de dilatation différents entre les composants et le support. La technique complète utilise des procédés de sérigraphie pour le dépôt de la pâte à souder, le positionnement par machine automatique des composants C.M.S. et leur soudure par refusion. Au cours des années quatre-vingt-dix, cette technique devrait dominer largement.

70. Les circuits hybrides se travaillent à une échelle beaucoup plus fine que les circuits imprimés. C'est selon cette même logique que l'on veut reporter sur leurs substrats la puce elle-même, sans son boîtier, en réalisant les connexions nécessaires. Sur ce substrat on crée des pistes conductrices, des pistes résistives à valeur ajustable au laser, des couches très minces quand il s'agit de films métalliques par pulvérisation cathodique ou des couches épaisses avec des procédés de sérigraphie automatisée d'encre. La diffusion très large de l'électronique dans les innombrables applications industrielles potentielles devrait passer par une très forte extension de la technique des circuits hybrides qui permet, par une miniaturisation spécifique relativement peu coûteuse, de rendre cette diffusion attractive et opérationnelle.

71. On peut, pour terminer le tour de ces perspectives techniques liées à la recherche de combinaisons techniques, souligner le progrès prévisible des techniques des circuits intégrés BiCMOS, c'est-à-dire la mise au point sur un même substrat de circuits intégrés faisant appel à ces deux techniques jusqu'ici distinctes. Le tableau I-7 nous montre des performances réalisables selon cette combinaison ; on peut ajouter que la première famille de circuits, lancés en 1988 par Texas Instrument avec cette technique, a été l'occasion de souligner son intérêt en matière de circuits intégrés d'interface, donc de connexions entre par exemple un micro-processeur et des applications, éventuellement le tout sur une carte de

circuits réalisés en montage de surface, ou, pourquoi pas demain, en circuit hybride. Les circuits biCMOS associent la rapidité et la faible consommation d'électricité et dissipation de chaleur en utilisant de nombreuses astuces de conception qui ne peuvent que s'affiner et leur assurer une importance croissante dans les années quatre-vingt-dix.

3.2.2. L'opto-électronique, technique affluente majeure

72. La recherche de liaisons rapides et faciles entre systèmes plus complexes que les composants et relativement plus éloignés, de telle sorte que l'on puisse employer le terme de communication, est une recherche qui par nature, poursuit celle présentée dans les paragraphes précédents (3.2.1.) mais trouve sa solution avec le recours à une technique affluente, l'opto-électronique. Que la communication soit de l'ordre du mètre ou des milliers de km, s'il s'agit d'une communication point à point, la solution technique sera, peu à peu de manière dominante, l'emploi de la fibre optique. Les réseaux locaux, les immeubles professionnels (bien avant les maisons particulières) intelligents devraient constituer dans les années quatre-vingt-dix une réalité industrielle en très fort développement grâce à l'emploi de la technique opto-électronique des fibres optiques qui seules permettent des transferts d'information à des vitesses supérieures à 100 Mbits par seconde. Dans les télécommunications, l'intérêt du satellite demeure pour les communications diffusées à multipoints d'arrivée : télévision, téléconférences, réseaux privés. En revanche, pour des réseaux de base, du type téléphone ou du futur RNIS, les fibres optiques ont un avantage non négligeable. Les laboratoires BELL ont démontré en 1985 la possibilité de transmettre dix signaux multiplexés de chacun deux Gbit (milliards de bits) par seconde sur soixante-dix kilomètres. Ces performances devraient voir leur niveau continuer à s'améliorer de façon spectaculaire et faire des années quatre-vingt-dix la décennie de la fibre optique en matière de communication à distance point à point.

73. Dans les télécommunications se pose en particulier le problème de la commutation optique. En fait, si dans les laboratoires des commutateurs ont été expérimentés, ils ne supportent qu'un nombre très limité de canaux et on ne peut guère envisager de commutateur optique opérationnel avant l'an 2000. La même remarque vaut pour les ordinateurs optiques qui, théoriquement, pourraient être cent à mille fois plus rapides que les plus performantes des machines actuelles. Toutefois, alors que les commutateurs optiques semblent directement sur la trajectoire technologique, les ordinateurs optiques en revanche apparaissent moins incontournables, bien que potentiellement plus stratégiques du point de vue industriel.

74. Si certains développements ne sont ainsi à considérer que pour un avenir lointain, en revanche de nombreux composants opto-électroniques (photons <--> électrons) ont déjà été développés depuis longtemps. Les diodes électro-luminescentes (LEDs, Light Emitting Diode) ont été mises au point en 1964 (Texas Instrument) et continuent d'être utilisées massivement pour les affichages mais entrent aussi, pour des lumières de longueur d'onde différentes, dans les dispositifs de communication à fibres optiques. Les dispositifs en

pointe des années à venir seront les composants intégrés d'émission et de réception. Des laboratoires japonais auraient réussi, sur une surface de 5×90 microns carrés, à intégrer un microlaser et son circuit de commande ; ces développements japonais sont stimulés par leur position industrielle dans les disques compacts ou les imprimantes lasers qui utilisent des lasers à semi-conducteurs (sur une longueur d'onde de 0,78 microns). Ces stimulants continueront de se faire sentir et les résultats pour certains types de composants inciteront à leur tour à obtenir des résultats pour les autres, et comme ces recherches nouvelles ne semblent pas faire apparaître de blocage, il faut se convaincre qu'il y aura des avancées importantes dans les performances et la miniaturisation des composants opto-électroniques au cours des années quatre-vingt-dix. Notons en particulier qu'il est vraisemblable que l'ensemble des domaines de la signalisation, des feux de véhicules aux panneaux publicitaires, en passant par les écrans portatifs, va entraîner un développement considérable des techniques de ces composants.

3.2.3. La normalisation : une contrainte pour la communication

75. Les gains que l'on peut obtenir à l'âge de l'électronique, par rapport à la situation de l'âge de l'acier, sont liées à la rapidité et à l'efficacité de la communication. Cela exige que les composants gèrent rapidement leurs communications internes, que la communication entre composants à l'intérieur d'un système soit rapide, que celle entre des systèmes plus ou moins distants la soit également, mais il faut en outre que cette communication soit efficace, ce qui exige que les différents objets communicants parlent le même langage, et éventuellement travaillent de la même manière. Ceci est le domaine de la normalisation.

76. L'organisation internationale de normalisation (ISO, International Standardisation Organisation) a mis au point un modèle à sept couches pour faciliter l'interconnexion de systèmes qui sont donc ouverts, le modèle OSI (Open System Interconnection). Ce modèle a rencontré depuis le début des années quatre-vingt une volonté importante de la part des grandes firmes de la construction électronique, en Europe, aux Etats-Unis et Japon, pour faire évoluer les matériels, les machines à traiter de l'information dans cette direction, voire même d'aller au-delà pour permettre qu'elles travaillent ensemble : "interworking" et pas seulement "interconnexion".

77. Dans la plupart des domaines spécialisés de communication, des définitions de normes sont en cours et évidemment balisent, d'une certaine manière, les trajectoires techniques spécifiques de ces domaines tout en facilitant le cheminement sur celles-ci. Ces progrès techniques, extrêmement importants en matière de développement de toutes sortes de réseaux et auxquels il faut s'attendre pour la décennie qui vient, sont étroitement liés à cet essor de la normalisation. Nous y revenons nécessairement dans les paragraphes suivants, prenons ici uniquement l'illustration de la communicabilité entre machines dans une entreprise. General Motors a exigé que ses fournisseurs de matériels de traitement de l'information rendent possible la communication et l'inter-fonctionnement et a convaincu

d'autres grands utilisateurs à s'associer à lui sur cet objectif. C'est ainsi qu'a été créé un premier groupe d'utilisateurs MAP "Manufacturing Automation Protocols" qui s'est étoffé, et peu à peu se sont mis en place divers groupes constituant une pression à la normalisation. Il semble bien que les années quatre-vingt-dix amènent des progrès importants en matière de normalisation et donc de possibilités d'interfonctionnement des machines de traitement de l'information.

3.3. Réseaux et connaissances

3.3.1. La télévision à haute définition

78. Les années quatre-vingt-dix verront s'achever la numérisation de l'électronique grand public. Ceci ne permet pas de prévoir l'apparition d'appareils entièrement nouveaux, mais des performances supérieures et des fonctionnalités nouvelles. Portabilité et maniabilité d'appareils de salon, intelligence accrue de tous les appareils existants et extension du concept d'électronique à l'électroménager (produit "blancs"), préalable indispensable à l'avènement effectif, après l'an 2000, de la maison intelligente et d'une maturation de la domotique apportant une commande généralisée de l'ensemble des fonctions domestiques.

79. De l'ensemble des produits apparus dans les années récentes, on peut noter certaines évolutions techniques attendues mais incertaines, par exemple la concurrence entre les disques optiques réinscriptibles d'une part, et les magnétoscopes et les magnétophones numériques d'autre part. Par ailleurs, il est vraisemblable que des outils personnels de bureau fassent leur entrée dans la maison sous une forme aménagée : micro-ordinateurs et imprimantes laser, terminaux téléphoniques liés au développement du RNIS et plus complets que les actuels répondeurs ou "minitels" français. Dans ce domaine, on peut s'attendre à une prolifération d'innovations techniquement mineures mais guidées par des opportunités de marché à créer pour lesquelles les stratégies commerciales seront déterminantes. Entre autres exemples : la photographie numérique mise sur papier par imprimante.

80. Toutefois la grande affaire de l'électronique grand public des années quatre-vingt-dix sera l'arrivée de la télévision à haute définition. Elle s'inscrit au premier niveau de l'installation de l'âge de l'électronique : en tant que télévision dont les émissions devraient toucher, pour certaines d'entre elles, près de la moitié des habitants de la planète, quasi-simultanément (aux grands décalages horaires près) en l'an 2000. Les jeux olympiques de Séoul ne seront qu'une pâle image de ce qui devrait se voir en l'an 2000 comme rituels culturels planétaires. Cette diffusion planétaire va faire un appel croissant aux satellites qui poursuivront leur évolution technique, en même temps qu'au sein des différents espaces nationaux, elle s'intégrera à divers types de réseaux, RNIS (voir infra) ou réseaux spécifiques. Techniquement, elle est associée à de très nombreuses autres avancées : de gros

progrès dans les circuits intégrés, la mise au point de circuits spécifiques de traitement d'images (voir paragraphe 67 sur les circuits 3D), de codage-décodage des signaux, des compressions de signaux mais aussi développement technique des caméras, des systèmes d'émission et réceptions, en particulier des antennes et des écrans. En outre, bien des appareils électroniques grand public devront pouvoir se connecter autour du téléviseur domestique qui réceptionnera des émissions en haute définition qui, par exemple, pourront offrir pour une même image un nombre non négligeable de canaux de son à choisir parmi différentes langues. Ces quelques éléments soulignent l'importance considérable des enjeux liés à cette évolution technique qui se fera au cours des années quatre-vingt-dix.

81. Un des problèmes majeurs à résoudre est ici encore la normalisation. C'est elle qui assure le caractère mondial de cette évolution technique et qui alors spécifie la trajectoire technique sur laquelle, par voie de conséquence, on cheminera plus rapidement. Le C.C.I.R. (Comité Consultatif International des Radiocommunications), par sa résolution 601, a proposé dès 1982 des normes de TV numériques mais doit maintenant statuer sur des solutions concrètes qui lui sont proposées. En 1986, à Dubrovnik, les Japonais ont présenté une solution déjà avancée dit système MUSE (Multiple Sub-sampling, Sampling Encoding) pour la "Hi-vision", dont les débuts commerciaux possibles auraient lieu en 1990. En fait, le C.C.I.R. a reporté sa prise de décision pour la réunion plénière qui aura lieu en mai 1990, ceci en raison de l'existence d'une norme européenne concurrente, le système MAC (Multiplexage Analogique de Composants). Le système japonais est en rupture totale avec les systèmes de télédiffusion existants et amène immédiatement une télévision haute définition qui est déjà presque opérationnelle. Le système européen joue la compatibilité ascendante : numérisation avec définition améliorée, tout d'abord avec des images que pourront recevoir, à l'aide d'un adaptateur, les récepteurs traditionnels (ceci dès la fin 1988), puis extension des qualités de l'image jusqu'à la norme haute définition qui doit être l'équivalent des films cinéma 35 mm : soit, pour les Européens, passage du D2-MAC au HD-MAC. Les Américains, d'abord prêts à soutenir le projet japonais, se sont rapprochés, en particulier après le rachat de R.C.A./G.E. par la firme française Thomson, du projet européen. Leur phase transitoire serait propre avec le système ACTV (Advanced Compatible Television) permettant d'évoluer à partir de la norme américaine actuelle NTSC (utilisé également au Japon). Le caractère technico-industriel de cette évolution, dont on a signalé plus haut le caractère majeur, est donc étroitement lié à une décision réglementaire internationale et a son adoption effectivement par les nations qui ouvriront les marchés rentabilisant les produits mis au point selon ces normes techniques.

3.3.2. Les Réseaux Numériques à Intégration de Services

82. Les progrès technologiques des dernières années dans les télécommunications ont été liés à leur numérisation et fondés sur le fait que les différents équipements utilisés sont devenus des machines de traitement de l'information, orientées certes vers des applications spécifiques, et dont l'amélioration des performances repose sur celle des circuits intégrés et permettant une communication plus rapide et plus facile (cf 3.2.

et 3.2.). Ceci est bien sûr le résultat de ce que l'industrie électronique est une industrie de construction de systèmes complexes à partir de briques de base toujours améliorées. Le grand projet des années quatre-vingt-dix est celui de l'installation d'un réseau de communication qui ne transporte pas seulement la voix, comme l'actuel réseau téléphonique, mais qui puisse véhiculer des données à grande vitesse - à traiter par des ordinateurs- et plus largement toutes les informations, des textes écrits, des images, des sons, et même des images animées et sonorisées dans un avenir de plus long terme.

83. L'évolution technique, certaine au cours des années quatre-vingt-dix, sera étroitement configurée par des directions qui lui seront indiquées par les industriels et les pouvoirs publics qui continuent, en dépit des mouvements de déréglementation, de détenir un pouvoir considérable sur la normalisation et la définition des réseaux. Des choix ayant des implications sur la trajectoire technique suivie vont être faits dans les années à venir : en Europe, dans le cadre du programme RACE, aux Etats-Unis entre les différents opérateurs, principalement A.T.T. et l'organisme réglementaire fédéral la F.C.C. Un choix principal consiste en celui de l'adoption ou non d'un projet de réseau universel de circulation interactive de l'information, qui serait l'analogue du projet de réseau téléphonique, et sur lequel toute entité, entreprise ou ménage quelconque implantant ou circulant en n'importe quel endroit de la planète, aurait vocation à se raccorder. L'alternative serait le développement à côté d'un réseau téléphonique universel amélioré, de réseaux plus avancés dédiés à certaines applications et qui, n'ayant pas la vocation d'un service public, pourraient être réservés à certains acteurs de par des localisations particulières ou des modes d'accès en coûts réels avec l'abandon des exigences habituelles en télécommunications concernant des procédures de péréquations généralisées (cf paragraphe 45).

84. Pour une part, cette grande affaire, en tant que marché gigantesque d'avenir pour les fabricants de briques de base ou d'équipements : grands centraux, centraux privés ou terminaux, constitue encore un mythe technique. Les plus pragmatiques des industriels ont traduit les initiales anglaises du RNIS, réseaux Numériques à Intégration de Services, à savoir ISDN (Integrated Service Digital Network) en *"I Still Don't kNow"*, je ne sais toujours pas, ce dont il s'agit.

85. En premier, il faut noter qu'il n'existe pratiquement pas d'implantation actuelle de réseau commuté numérisé et que les années à venir seront donc celles tout d'abord, pour beaucoup de pays, de la numérisation progressive du réseau téléphonique existant : numérisation de la transmission et numérisation de la commutation, conditions indispensables pour faire évoluer sur les réseaux existants les services et les équipements. Certains pays continueront, comme la France l'a fait jusqu'ici, à relier le réseau téléphonique classique à un réseau numérique de transmission de données par paquets à l'aide de concentrateurs. Cela fait cohabiter deux concepts techniques : un réseau universel analogique de commutation de circuits et un réseau numérique de commutation de paquets. L'idée européenne est de faire converger ces deux concepts, les usagers n'accédant que de manière limitée aux nouvelles potentialités tant qu'ils restent raccordés en analogique ou/et par des commutateurs analogiques au réseau numérisé. L'approche japonaise, sous le nom

d'Information Network System", INS semble très ambitieuse, mais peut être à plus long terme apparemment universel, mais en fait plutôt orientée entreprise. L'approche nord-américaine, plus pragmatique, semble nettement pencher vers la mise en place de réseaux non universels mais dédiés à des applications spécifiques (les Wide Area Networks), ou destinés à des usagers spécifiques avec une concurrence de nombreux opérateurs pour ces réseaux à valeur ajoutée (les VANs, Value Added Networks). Dans les deux cas, les usagers entreprises sont privilégiés.

86. Dans tous les cas, des services de télécommunications à plus large bande que ceux de l'actuel réseau téléphonique seront offerts, au cours des années quatre-vingt-dix, de manière peu à peu très importante. Les services offerts seront d'abord du type RNIS, première génération pour lesquels un début de normalisation internationale est en cours. On parle encore de RNIS ou de ISDN en bande étroite avec deux canaux à 64 Kbits/seconde. Ce réseau d'accès relativement large devrait s'implanter assez rapidement en Europe, plus lentement aux Etats-Unis ; néanmoins, en l'an 2000 il constituera une caractéristique de base et donc va gouverner les évolutions techniques des composants et des équipements.

Tableau I-8 : IMPLANTATION DU RNIS PREMIERE GENERATION DANS LES PAYS EUROPEENS

Pays	40 % de transmission numérisée	40 % de commutation numérisée	Année de lancement ISDN	Disponibilité à 50 % pour les professionnels
Allemagne Fédérale	1986	1990	1986	1989
Belgique	1995	1995	1985	1996
Danemark	1990	1990	1989	-
Espagne	?	?	1987	1993
France	1986	1990	1986	1988
Grande-Bretagne	1990	1992	1985	1988
Grèce	1995	1995	1995	-
Irlande	1990	1990	1988	-
Italie	1990	1990	1985	1995
Pays-Bas	1987	1995	1986	1995
Portugal	?	?	1995	-

Source : S. GRASSET, "L'Europe du RNIS dans les années 90", Le Bulletin de l'Idate, n° 25, novembre 1986.

C. HAMELINK, *Dealing with global networks, a descriptive study*, Tilburg, 30/31 oct. 1986.

D'après FAST II, dossier n° 5, "Les réseaux numériques à intégration de service", août 1987.

87. Ce réseau numérique à bande étroite, constitue cependant une évolution considérable par rapport aux possibilités actuelles. Toutefois ce n'est pas 144 Kbit/s dont il faut disposer pour transmettre des images de télévision couleur de haute définition, mais mille fois plus, c'est-à-dire 144 mégabits/seconde. Ce n'est certainement qu'après l'an 2000 que l'on pourra installer le futur réseau numérique à large bande que l'on tend à dénommer en Europe IBCN, "Integrated Broadband Communication Network", dans le cadre du projet européen RACE.

Tableau I-2 : EVOLUTION DES RESEAUX NUMERIQUES A INTEGRATION DE SERVICES

	Type de transmission	Situation actuelle	Situation future moyen terme	long terme
1) Communication de documents	Point à point diffusion	poste presse	ISDN	IBCN
2) Audio-communication	point à point diffusion	téléphone radio		
3) Vidéo-communication	point à point diffusion	- télévision	transmission d'image	

Dans le cas du RNIS, les services offerts regrouperaient la téléphonie usuelle, la télécopie, le télétext, le vidéotexte, la communication entre ordinateurs, la connexion de terminaux, la transmission d'images, l'audio-conférence, le traitement de message, la téléaction, la vidéo-téléphonie (première génération) plus une série de services supplémentaires. Par ailleurs, le GAP a identifié 3 types de services qui pourraient justifier le développement de réseaux à large bande : - les services vidéo-interactifs (vidéo-conférence, vidéo-réunion, vidéo-téléphonie), - les services combinant de la pure distribution à l'accès à des banques de données (audio ou vidéo-librairies), - et les services de transmission de données à grande vitesse.

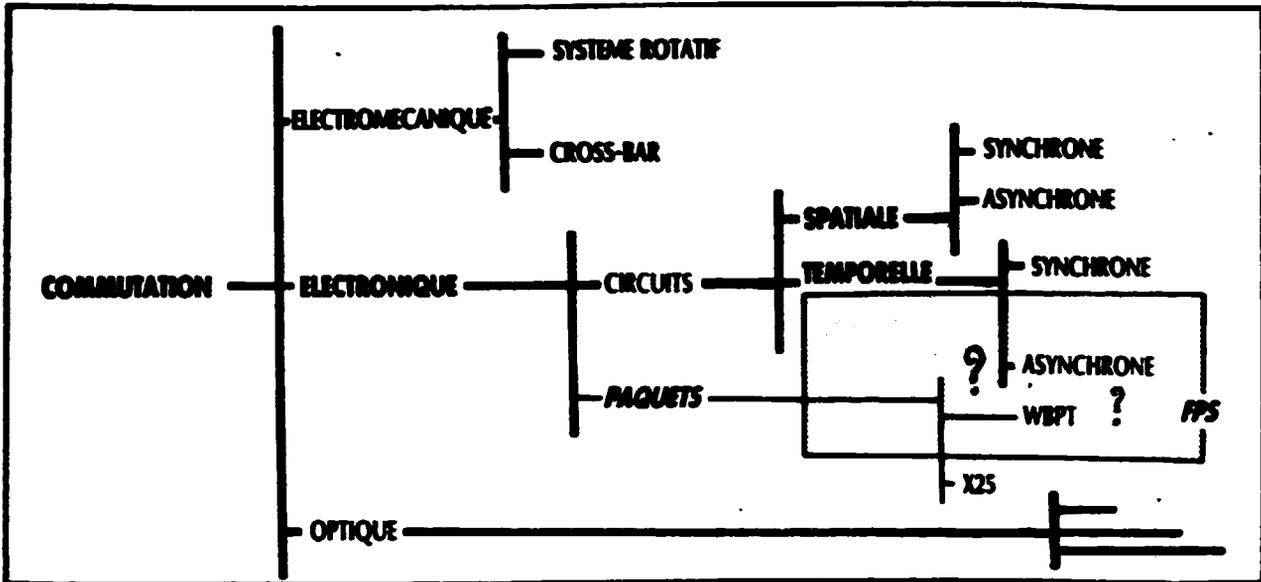
Source : J. SEETZEN et alii, *Vermittelte Breitbandkommunikation - Technik, Nutzung, Wirtschaftlichkeit*, Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik, Berlin, 1986 ; propositions du "Groupe d'Analyse et de Prévision", (GAP) pour l'introduction coordonnée du Réseau Numérique à Intégration des Services dans la communauté ; Bruxelles, 5 juin 1985 ; *Proposals by the "Analysis and Forecasting Group (GAP) for the coordinated introduction of Broadband Services in the community* ; Brussels ; October 16, 1986.

Source : FAST II, *Synthèse des résultats, sous programme communication*, First Draft, janvier 1988.

88. Cette perspective très longue remet d'ailleurs en cause certains choix possibles du RNIS première génération pour laquelle toutes les normalisations ne sont pas encore acquises. On pourrait donc voir les discussions en matière de normalisation influencer, de manière non négligeable, au cours des années quatre-vingt-dix les évolutions techniques en matière de commutation. Il n'est pas possible d'envisager l'ensemble des problèmes technico-industriels en suspens, on se contentera ici de présenter une des questions importantes pour l'évolution technique. Les décisions seront prises dans le cadre du CCITT (Comité Consultatif International pour le Télégraphe et la Téléphonie) qui, pour le moment, n'a défini que deux types d'accès, un accès de base à 144 Kb/s (2B+D) et un accès primaire (30B+D) de 2,048 Mbits/s et prévu cinq interfaces (R,S,T,U,V) encore à normaliser.

89. Le RNIS est fondé sur la normalisation de la voix à 64 Kbits/seconde avec une transmission par multiplexage temporel synchrone (cf paragraphe 44). Le développement des techniques de compression du signal fait qu'aujourd'hui moins de 16 Kbits/s peuvent suffire pour la transmission de la voix numérisée : les 48 Kbits/s restant constituent un surdimensionnement et un gaspillage. Un peu partout dans le monde, les transmissions de données se sont développées sur des réseaux spécialisés en mode paquet avec une norme mondiale bien établie, X25. Les projets actuels du RNIS abandonnent ces acquis et le raccordement de base type d'un terminal de transmission de données bloque l'usage de "la ligne", même si son utilisation est intermittente avec des débits nécessaires bien inférieurs à la capacité disponible... Le RNIS doit fonctionner en effet en mode circuit et non pas en mode paquet. Certes, pour la bidirectionnalité, et particulièrement de la voix, la contrainte du temps réel doit être maintenue, toutefois elle mériterait d'être assouplie. Deux trajectoires techniques sont aujourd'hui proposées. Les Nord-Américains, avec A.T.T., visent la commutation de paquets rapides, F.P.S. (Fast Packet Switching) pour des paquets dits à large bande W.B.P.T. (Wide Band Packet Technology). Il s'agit de supprimer le caractère strictement synchrone du réseau de circuits à commutation temporelle pour considérer que l'intervalle du temps affecté dans la trame à une communication vocale constitue une sorte de "paquet" qui peut déplacer son moment dans la trame -ou parfois disparaître s'il y a des "blancs"- et lui affecter une adresse explicite pour l'acheminer dans des conditions maintenant, en ce qui concerne les pauvres capacités de nos propres organes audio-oraux, l'illusion du temps réel. Le tableau I-10 montre les choix techniques à faire dans les années quatre-vingt-dix en ce qui concerne l'aménagement nécessaire des RNIS projetés et des prochaines générations de centraux de commutation.

Tableau I-10 : L'EVOLUTION NECESSAIRE DES TECHNIQUES DE COMMUTATION : AMENDEMENT DU RNIS



Notes : WBPT : Wide Band Packet Technology
FPS :Fast Packet Switching

Source : D'après Y. GASSOT, IDATE, Telecoms Magazine, n° 10, Dec. 1987-janvier 1988, p. 18.

3.3.3. Les logiciels et l'intelligence artificielle

90. Toute machine de traitement de l'information utilise un logiciel d'exploitation qui assure le fonctionnement de la machine et emploie des logiciels d'application qui font que le fonctionnement de cette machine peut être utilisé à des fins spécifiques. Tout progrès dans les matériels doit s'accompagner de progrès dans les logiciels, tant au niveau des logiciels d'exploitation que des logiciels d'application. Une partie des logiciels d'exploitation des systèmes est intégrée dans le matériel : le "firmware", des logiciels d'application, qui peuvent être employés avec peu de connaissances particulières, facilite l'emploi des machines à traiter de l'information, ce sont, pour des applications types, des progiciels. Jusqu'aux années récentes, les techniques d'écriture de logiciel avaient peu évolué et restaient essentiellement nouvelles alors que l'évolution des matériels avait été considérable et exigeait en conséquence l'écriture des logiciels de plus en plus longs : plusieurs dizaines de milliers de lignes de programmes. Les progrès techniques attendu pour les années quatre-vingt-dix, et décrits plus hauts, exigent donc des progrès logiciels qui se traduisent en outre par un allongement de la longueur des programmes à écrire. Il semble pour beaucoup que ceci fait que nous sommes entrés dans une période où le logiciel est devenu le point critique du développement des machines à traiter de l'information.

91. Cette importance du logiciel se traduit par le nombre d'ingénieurs qui doivent se consacrer à leur développement. Les entreprises de fabrication de matériel doivent absolument en disposer pour le système d'exploitation, en revanche en ce qui concerne les logiciels d'application, elles peuvent éventuellement se contenter d'un minimum et laisser d'autres firmes se saisir de cette opportunité. Dans certains cas, ceux du matériel dédié, l'ensemble des logiciels doit être élaboré par le fabricant, comme par exemple lors de la conception d'un central de commutation. Aussi, dans les laboratoires Bell d'A.T.T., à la division réseau, plus de 40 % du personnel technique s'occupe du développement logiciel. Cette tendance devrait s'accroître dans les années à venir et se généraliser : plus de 60 % du temps de travail dans la production de biens électroniques devrait sortir sur du logiciel.

92. Une telle tendance va amener des progrès vraisemblables dans le génie logiciel et l'apparition de ce que l'on appelle les outils CASE (Computer Aided Software Engineering). Ceci oblige à ne plus considérer la construction de logiciel comme un art avec de nombreuses astuces mais une tâche qu'il convient de structurer de manière extrêmement méthodique de telle sorte que l'on puisse automatiser un certain nombre de phases. On commence ainsi à voir apparaître des logiciels qui, à partir d'un ordinogramme, sont capables d'écrire un programme en FORTRAN ou en ADA. On devrait voir ainsi se développer des outils d'aide à l'analyse et à la conception structurée ainsi que des générateurs automatiques de codes. L'avantage de ces techniques est en outre de faciliter évidemment la maintenance des logiciels puisque l'on garde "en mémoire" la manière précise dont ils ont été écrits. De la même manière, cela facilitera leur transfert vers d'autres matériels ayant des caractéristiques différentes.

93. Cette continuité d'utilisation des programmes d'application, quand les matériels changent, est devenue une contrainte considérable, en particulier dans l'informatique. Les machines informatiques ne sont pas dédiées mais universelles et les utilisateurs disposent, trente ans après le début de l'informatique, d'un considérable investissement continuellement accumulé en programmes d'application que les nouvelles générations de machines doivent respecter. Ceci, joint aux objectifs de possibilité de communication entre systèmes différents (cf 3.2.3. supra), a amené des grands constructeurs à essayer de définir en commun leur prochain système d'exploitation. Face à la domination passé d'I.B.M., une coalition s'était formée pour adopter UNIX, un système mais au point en 1969 par A.T.T. et qui avait été amélioré dans les universités américaines et commercialisé en 1983 par A.T.T. sous l'étiquette UNIX System V. Les qualités l'avaient fait adopter largement et I.B.M. lui-même produisait des machines tournant sous ce système. Toutefois, les aléas des stratégies économique-industrielles ont amené A.T.T. à s'accorder en octobre 1987 avec un fabricant dynamique de station de travail (SUN) pour mettre au point une nouvelle version de UNIX sans consulter ses partenaires. Certains se sont ralliés (UNYSIS, XEROX, américains, I.C.L., le britannique), d'autres ont réagi en créant en mai 1988 l'O.S.F., l'"Open Software Foundation", auquel participait les autres grands constructeurs européens et américains, y compris I.B.M. (mais pas de japonais pour le moment). L'objectif affiché est de mettre au point un prochain système d'exploitation commun, portable. Il est évidemment difficile de prédire les péripéties des relations

déliçates entre les divers constructeurs, toutefois il est vraisemblable que, sous la pression des utilisateurs, on devrait voir se dégager une solution de système ouvert.

94. L'évolution logicielle sera celle aussi de la multiplication des systèmes experts qui constituent le domaine privilégié de ce qu'on appelle l'intelligence artificielle. Il s'agit de constituer dans un domaine donné une base de connaissances qui est celle de l'expert, ou de l'ensemble des experts humains de ce domaine, et de mettre au point un logiciel capable de traiter à partir de cette base, comme le ferait un expert, tout problème de ce domaine. Les premiers systèmes ont été imaginés dans les années soixante-dix, ils se sont particulièrement développés dans l'aide au diagnostic de certaines affections médicales. Ils ont été écrits jusqu'à présent en langages LISP (List Processing) ou dérivés. La nouvelle génération d'ordinateur -le projet 5e génération des Japonais lancé en 1981) s'appuie sur le langage Prolog (Programmation en logique) développé par un ingénieur français et, d'un certain point de vue, constitue une tentative de mettre au point une machine-expert universelle. Il est peut vraisemblable qu'au cours des années quatre-vingt-dix des résultats généraux soient obtenus. En revanche, l'intelligence artificielle devrait progresser fortement sur nombre de domaines spécialisés grâce aux recherches logicielles, aux travaux de mise en base de données de connaissances, et au progrès des matériels. Outre des systèmes experts plus nombreux, le développement de modalités d'emploi très simplifiées des machines de traitement de l'information, l'essor de la reconnaissance des formes et de situations relatives dans l'espace, ainsi que de la syntaxe linguistique des sons constitueront quelques-uns des points de l'évolution technique des prochaines années. Le tableau I-11 rassemble les prévisions faites en cette matière par un organisme japonais dépendant du MITI.

Tableau I-11 : L'ÉVOLUTION EN MATIÈRE D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE D'APRÈS LE MITI (JAPON)

	1985	1990	1995	2000
A. Systèmes experts			Logiciel CAO	Conception de nouveaux matériaux
1) Conception automatisée				
2) Productique		Diagnostic de panne d'une partie d'installation	Conduite automatique de l'ensemble de l'installation	
3) Bureautique		Système de planning	Bureautique intelligente	Système d'aide à la prise de décision capable de modifier
4) Soutien opérationnel de grands systèmes			Gestion des réseaux électriques	Conduite des usines nucléaires
5) Consultation		Conseil pour l'utilisation de l'énergie		
6) Enseignement assisté (EAO)		Fourniture de matériel pédagogique		
B. Systèmes linguistiques		Traduction de texte technique	Traduction de texte à traduction intégrée	Téléphone interprète
1) Traduction automatique				
2) Traitement de la langue naturelle			Machine à composer	Traitement de texte intelligent
C. Reconnaissance et traitement des images		Lecture de caractères chinois manuscrite		Reconnaissance des images animées
D. Reconnaissance et traitement de la voix				Reconnaissance des figures manuscrites
E. Robot intelligent		Traitement de texte vocal		Téléphone actionnable vocalement
				Robot mobile pour l'entretien des bâtiments

Aspects de développement technique du traitement de la connaissance pour chaque période

Application des techniques de bases à des domaines particuliers

Utilisation fréquente du raisonnement logique

Raisonnement créatif avec fonction d'apprentissage

Application aux systèmes de grande taille

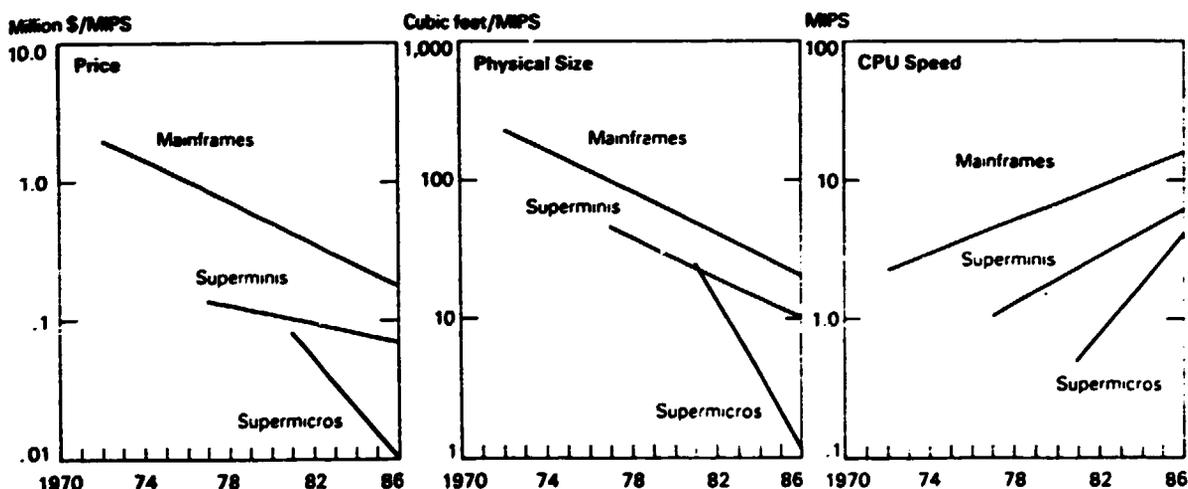
4. Evolution des conditions de production

4.1. Caractères généraux d'une dynamique multi-intensive

95. Quel que soit le produit de la construction électronique, son appartenance au même complexe technico-industriel se traduit par un même type d'évolution de ses conditions de production.

96. Celle-ci est marquée de manière principale par le renouvellement relativement rapide et étendu des caractéristiques du produit qui doit remplir la même fonction, rendre le même service, mais avec des performances nettement supérieures et à des coûts absolus inférieurs. Les machines à traiter de l'information doivent être toujours moins chères, plus petites, plus rapides. Le tableau I-12 montre cette évolution à peu près à taux annuel constant pour des ordinateurs généraux depuis 1971 (et l'I.B.M. 370), les superminis depuis 1977 (VAX) et les supermicros (depuis l'IBM-PC).

Tableau I-12 : LES ORDINATEURS ET LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION : MOINS CHERS, MOINS ENCOMBRANTS, PLUS RAPIDES



Notes: 1. MIPS—million instructions per second 2. Single processor models only 3. CPU—central processor unit
Source: International Trade Administration.

Source: U.S. Industrial Outlook, 1987, p. 28-3.

97. Plus concrètement, on peut noter des prix absolus en baisse, et avec une amélioration des performances, pour la plupart des produits ayant des diffusions massives. Cela a été le cas en particulier dans la micro-informatique. Ainsi par exemple, entre 1981 et 1985, c'est-à-dire entre son lancement et la vente de la millionième unité, l'I.B.M. P.C. a

enregistré plusieurs réductions de prix officiels assorties ou non d'améliorations, ceci pour la version de base. De 5 455 dollars lors de son lancement en août 1981, son prix est passé à 4 745 dollars en mai de l'année suivante avec un lecteur de disquette double face. Le prix a été à nouveau réduit en juillet 1982 (4 175 \$), puis encore en août (3 940 \$) avec extension de la mémoire centrale. Celle-ci a été à nouveau étendue en mars 1983 avec une nouvelle baisse des prix (3 339 \$). En juin 1984, le prix de cette version améliorée est tombé à moins de la moitié du prix de lancement (2 580 dollars). Ce prix sera maintenu jusqu'à mars 1985 (Business Week du 25/03/85).

98. Pour des produits ne donnant pas lieu à des diffusions massives, c'est le prix absolu du service élémentaire rendu qui diminue de manière spectaculaire. Dans l'informatique des grands systèmes, cela peut être illustré par le prix du million d'instructions par seconde. Le tableau I-13 nous montre cette décroissance significative pour différents modèles de la gamme des grands ordinateurs I.B.M.

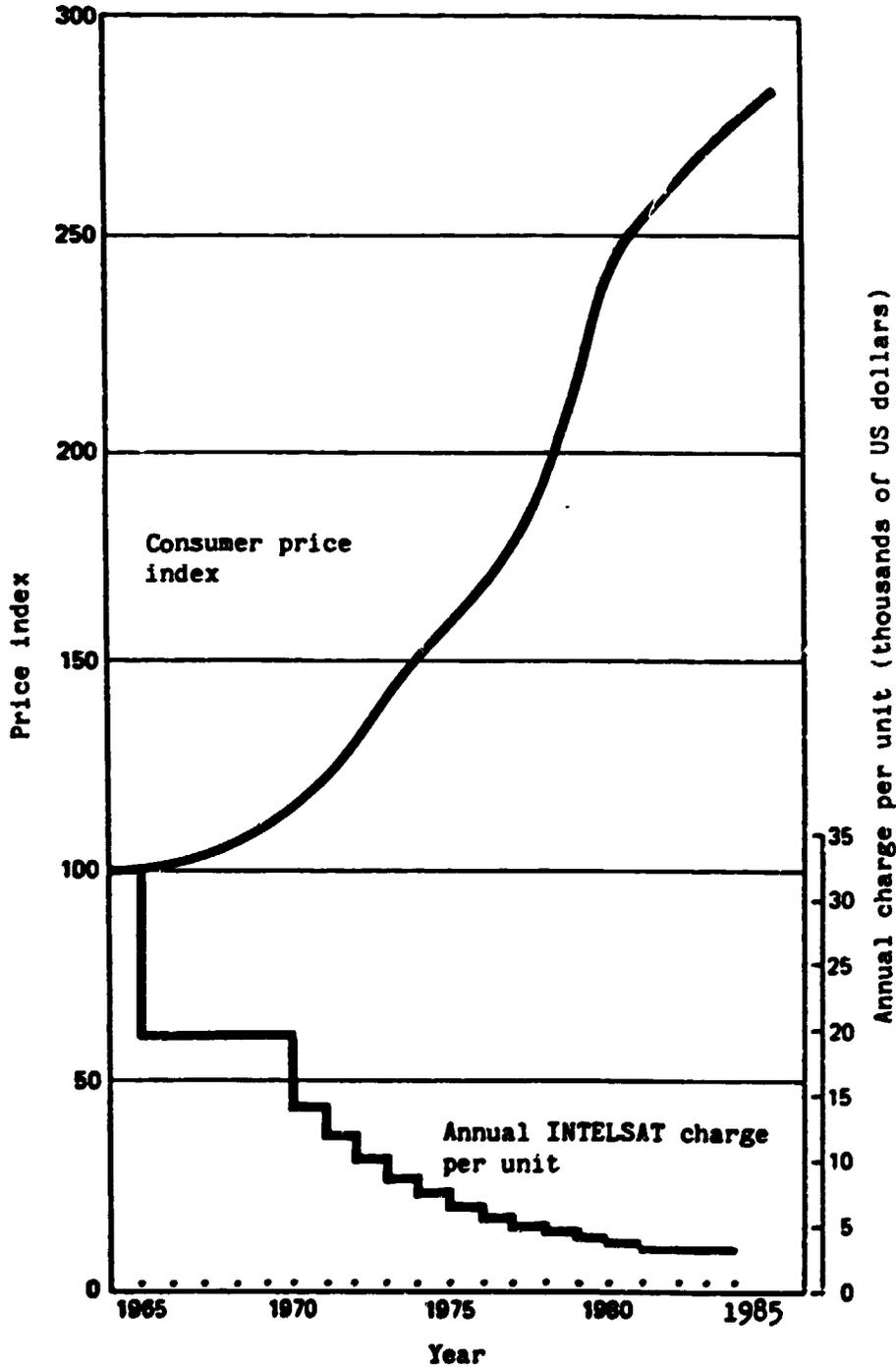
Tableau I-13 : EVOLUTION DU PRIX DU MIPS (MILLION D'INSTRUCTIONS PAR SECONDE) DE DIFFERENTS MODELES DES GRANDS ORDINATEURS I.B.M.

Modél	Year of delivery	MIPS	US dollars/MIPS
360/50	1965	0.2	7 010 000
370/155	1971	0.6	2 667 000
370/158	1973	0.9	1 628 000
370/158-3	1976	1.0	1 684 000
3031	1978	1.1	909 000
303384	1981	2.4	492 000
3083-E	1983	4.0	354 000
3083-C10	1985	3.2	277 000
3090-200	1985	28.0	182 000
3090-400	1987	50.0	169 000

Source : The Telecommunication Industry - Growth and structural change, E.C.E.-United Nations, New-York, 1987, 292 pages, p. 35.

99. Ceci peut être illustré dans bien d'autres domaines comme par exemple le coût des satellites de télécommunications. Par exemple pour Intelsat, le tableau I-14 montre comment le coût unitaire a évolué en valeur absolue de manière inverse au niveau général des prix à la consommation.

Tableau J-14 : EVOLUTION DES COUTS ANNUELS D'INTELSAT



Source : *The Telecommunication Industry, U.N., 1987, op. cit, p. 169.*

100. Ceci est évidemment lié à l'évolution des lanceurs, mais aussi directement des satellites. Intelsat I, lancé en 1965, avait une durée de vie d'un an et demi et pouvait gérer 480 canaux téléphoniques (largeur de bande 50 MHz), il pesait 13 kg. Le progrès des lanceurs a permis de lancer en 1986 un satellite Intelsat VI de 800 kg (61 fois plus lourd), dont la durée de vie prévue est de dix ans -la responsabilité des progrès n'est pas à porter au seul crédit des techniques spatiales- et capable de gérer 80 000 canaux (160 fois plus qu'en 1965, largeur de bande 3,5 GHz). Comme partout, l'évolution des performances et des prix des composants se répercute sur celle des systèmes. Cette évolution des composants devrait se poursuivre selon la même tendance, cela permet également de considérer qu'elle va se poursuivre pour les systèmes. C'est ce que montrent tous les calculs de prévision, comme ceux concernant ce même secteur des satellites de communications. Le tableau I-15 nous le confirme.

Tableau I-15 : EVOLUTION PREVISIBLE DES COÛTS ANNUELS D'UN DEMI-CIRCUIT DE LA COMMUNICATION PAR SATELLITE EN DOLLARS NORD-AMERICAINS DE 1983

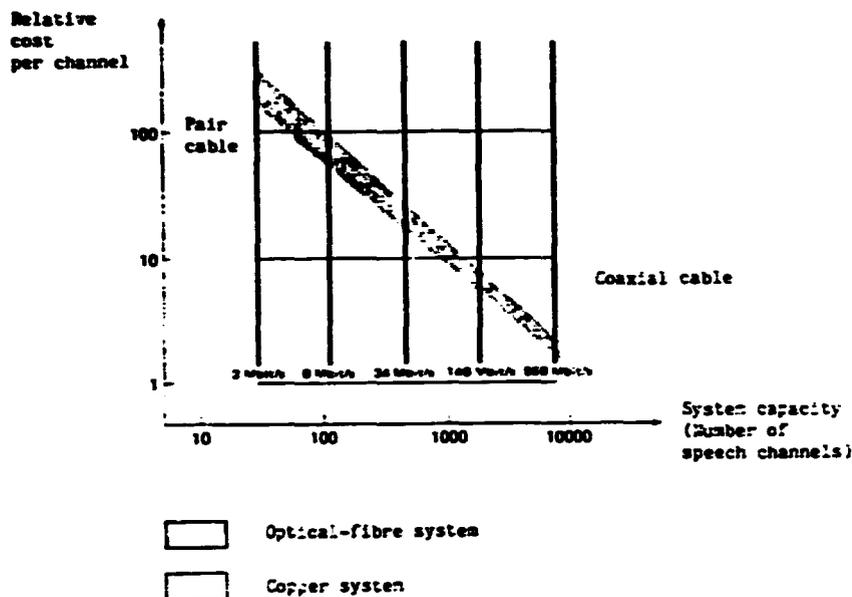
Year	INTELSAT lease charge	Earth segment cost	Total cost
1983	4 600	8 020	13 500
1984	4 330	8 170	11 500
1985	4 000	7 400	11 400
1986	3 650	6 830	10 480
1987	3 240	6 170	9 410
1988	2 650	5 790	8 440
1989	2 230	5 250	7 480
1990	1 930	4 800	6 730
1991	1 600	4 370	6 050
1992	1 450	4 000	5 450
1993	1 250	3 700	4 950
1994	1 070	3 390	4 460
1995	910	3 100	4 010
1996	770	2 870	3 640
1997	660	2 640	3 300
1998	560	2 430	2 990
1999	480	2 240	2 720
2000	410	2 050	2 460

Source : *The Telecommunication Industry*, 1987, op. cit., p. 37.

101. Plus largement dans l'industrie des télécommunications, l'élément comparable à l'évolution du prix d'un million d'opérations par seconde dans l'informatique est celui de l'évolution du prix d'un appel téléphonique. Ainsi, par exemple, en livre sterling de 1983, le prix d'une communication entre le Royaume-Uni et les Etats-Unis est passé de 69 livres en 1930 à 29 en 1948, à 9 livres en 1967, à 3,85 livres en 1976 et à 1,63 en 1983 (*The Telecommunication Industry*, op. cit., p. 40). L'emploi des techniques électroniques devrait réduire encore ces coûts mais peut-être pour des services rendus améliorés. Ainsi par exemple, les perspectives techniques du RNIS et l'emploi de la fibre optique par exemple ne

montrent son intérêt pour réduire les coûts par canaux qu'aux débits supérieurs à 34 Mbits/s. C'est ce que souligne le tableau I-16.

Tableau I-16 : COMPARAISON DES COÛTS/PERFORMANCE ENTRE LES CABLES CUIVRE ET LA FIBRE OPTIQUE

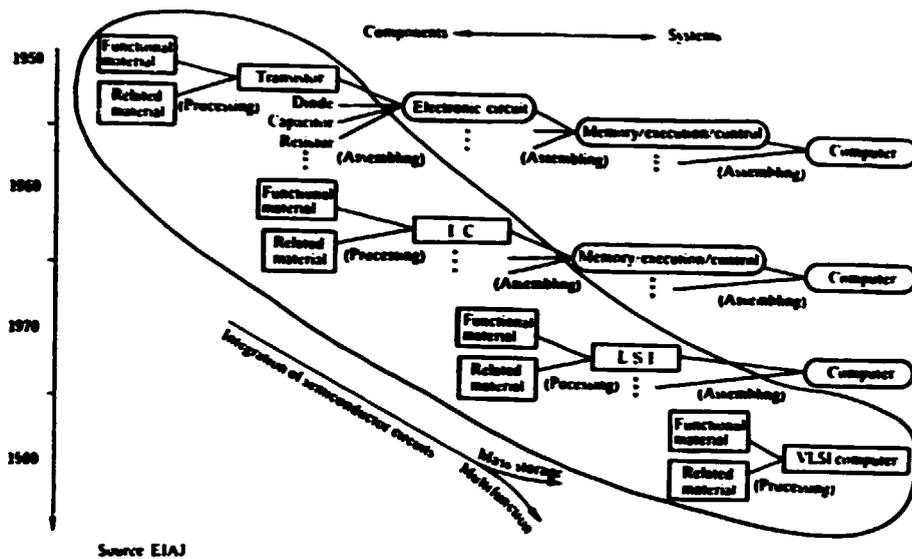


Source : *The Telecommunication Industry*, op. cit., p. 39.

102. Dans la mesure où l'industrie semble apparaître comme une industrie d'assemblage, dont les performances et les prix s'améliorent en raison des progrès dans les composants, on pourrait imaginer que les conditions de production soient extrêmement intéressantes puisqu'elles assurent certainement, en outre, vu ces progrès, des débouchés en forte croissance. Cette apparente facilité masque le caractère multi-intensif de la production.

103. L'intensité du progrès technique exige d'être en permanence à l'écoute, en position de veille, afin de pouvoir bénéficier des avantages de la plus grande intégration possible des composants et d'imaginer ceux adaptés aux besoins spécifiques des différentes applications qu'il faut combiner pour constituer tel produit de l'électronique, c'est-à-dire telle machine, tel système de traitement - transmission de l'information. Cette situation avantage les producteurs très proches des fabricants de composants, alors que les composants deviennent de plus en plus des systèmes, ce que nous montre le tableau I-17.

tableau I-17



Source : Japan Electronic Almanac, 1987, DEMPA, p. 205.

104. Cette raison a poussé de nombreuses firmes à s'intégrer verticalement. C'est le cas assez général des grandes firmes de l'informatique qui sont devenues producteurs de composants pour leurs besoins propres, comme I.B.M. qui serait le plus gros producteur mondial de semi-conducteurs. De même, on accorde aux firmes japonaises, producteurs et vendeurs sur le marché des circuits intégrés, l'avantage sur leurs concurrents américains d'être intégrées verticalement.

105. Plus généralement, la convergence des branches, relativement différentes dans le passé : informatique, télécommunications, grand public, oblige les producteurs sur un segment particulier à trouver le moyen d'être en contact étroit avec ceux des autres segments et avec les fabricants de composants afin de ne pas manquer une opportunité et se laisser distancer, car l'évolution technique rapide est une course à laquelle participent de nombreux concurrents qui se disputent âprement les opportunités de marché.

106. L'intensité de la Recherche et Développement est de plus en plus conséquente au fur et à mesure que les composants deviennent systèmes (cf tableau I-17, supra). Quand on dispose de micro-contrôleurs 32 bits avec 25 000 lignes de codes, et des mémoires d'1 Mégabit, c'est pour mettre au point une application qui correspond à un logiciel pour le moins conséquent et capable de résoudre un problème d'une complexité considérable. Tous ces produits-systèmes nouveaux qu'il est possible de mettre au point,

nécessitent donc en général un temps très long de recherche et développement pour lequel il est nécessaire de disposer d'un personnel hautement qualifié. Pour concevoir un circuit intégré, on espère que les progrès des aides informatiques permettront d'atteindre dans cinq ans une capacité de 1 000 transistors par jour et par concepteur. C'est-à-dire que pour tout circuit entièrement nouveau, il faut aujourd'hui un travail d'équipe de plusieurs personnes pendant trois ou quatre ans. Les coûts de développement de systèmes complexes qui imposent d'imaginer quelques circuits, la manière de les combiner, des architectures d'ensemble parviennent à des niveaux considérables. Au début des années soixante, I.B.M. a lancé son I.B.M. 360 après des coûts en R et D de 400 millions de dollars. Les grands centraux publics de commutation numériques ont demandé chacun, en moyenne, 750 millions de dollars. Les frais à engager sont tels pour la prochaine génération que tous les experts (cf LANG NGUYEN G., 1987, p. 4) prédisent que les marchés ne pourront permettre qu'à un bien plus petit nombre que celui des actuels constructeurs de rentabiliser ces frais, en conséquence, il faut s'attendre à une réduction ou à un fort regroupement des fabricants de centraux de commutation (a shakeout).

107. L'intensité en qualification de la main-d'oeuvre tient non seulement à l'importance croissante de la R et D, mais aussi à la disparition, dans la construction électronique, en phase de production, des tâches d'assemblage, de câblage traditionnellement importantes dans ce type d'industrie de "construction". Ce qu'on appelait dans le passé "la logique câblée" est devenue "logique intégrée" et l'électronique du câblage, et même du micro-câblage, ou du fer à souder, voire de la soudure de fil d'or sous binoculaire, a disparu ou s'apprête à disparaître. Les techniques par exemple de CMS (Composants pour Montage en Surface, "S.M.D." en anglais, cf paragraphe 69) amènent inévitablement à l'automatisation de la fabrication des cartes de circuits imprimés. Non seulement le besoin de main-d'oeuvre toujours plus qualifiée se fait sentir, parce qu'avec le matériel il faut développer un logiciel, mais aussi parce que la fabrication de matériel tend à s'automatiser et à réduire considérablement la place des tâches matérielles. Le tableau I-18 montre comment évolue le type des emplois offerts par Siemens qui est une très grande entreprise d'électricité et d'électronique, ce qui atténue cette évolution. La plupart des entreprises qui font exclusivement de l'électronique ont en général plus de la moitié de leur personnel comme ingénieur et les ouvriers spécialisés en représentent rarement plus de 10 %.

Tableau I-18 : L'EMPLOI ET SA STRUCTURE CHEZ SIEMENS (ALLEMAGNE)

	1972	1982
Employés	16 %	20 %
Ingénieurs et techniciens	25 %	30 %
Ouvriers qualifiés	20 %	20 %
Ouvriers spécialisés	39 %	30 %
TOTAL	198 400	169 800

108. De telles charges exigent évidemment, en règle générale, pour les produits "en avancé", de disposer d'une part conséquente du marché mondial, ce qui implique, outre le coût élevé fixé des équipements d'automatisation, des montants d'investissement élevés pour installer des capacités de production nécessaire, et des circuits de distribution efficaces. De ce fait, les industries électroniques sont devenues pour la plupart intensives en capital. Comme le montre le tableau I-19, il reste cependant des domaines où la production reste en retrait des avancées techniques et où, par voie de conséquence, les montants d'investissement nécessaires, destinés peut-être à un marché protégé, peuvent rester modestes de par la nature des équipements peu sophistiqués nécessaires et la taille du marché à approvisionner. Par ailleurs, des spécifications originales de produits peuvent définir une niche, c'est-à-dire un marché global restreint pour lequel des montants d'investissement relativement peu élevés permettent de détenir une part significative.

Tableau I-19 : NIVEAUX TECHNIQUES ET INVESTISSEMENT DANS QUELQUES PRODUITS DE L'INDUSTRIE ELECTRONIQUE

Sector	Examples of products	Level of technology		Investment
		Design	Manufacturing	
Advanced	Advanced semiconductors, computers, telecommunication equipment.	High	High	\$100 M and above
Design Intensive	Mini/supernano computers, software, simpler telephone switching equipment.	High	Medium/Low	\$5-25 M
Medium Technology	Color Televisions, video cassettes recorders, disk drives, microcomputers.	Low/Medium	Low/Medium	\$5-50 M
Low Technology	Black and white televisions, passive components, simpler semiconductor devices.	Low	Low	\$1-20 M

Source : Ashoka Mody, *The development of information industries*, 1987, conference at Brookings Institution on "Technology and government policy in telecommunications and computer", p. 10.

109. Il reste cependant, en dépit de ce caractère multi-intensif de la dynamique des conditions de production dans l'électronique, la possibilité, dans un nombre non négligeable de cas, de tourner la nécessité de dépenses considérables de R et D, d'intégration verticale, d'intensité importante en logiciel et d'investissement massif en capital. Cette possibilité est celle qui consiste en quelque sorte à se mettre dans le sillage d'un grand poisson.

110. Dans l'industrie informatique, c'est la politique qu'a inauguré en 1976 AMDHAL, en fabricant des grands ordinateurs compatibles avec ceux d'I.B.M., c'est-à-dire des sortes de copies un peu moins chères et un peu plus puissantes des ordinateurs I.B.M. La compatibilité I.B.M. a été portée à un niveau exceptionnelle après la sortie en 1981 de l'I.B.M.-PC. Il s'agit cette fois d'une machine beaucoup plus simple. Dans la configuration initiale, trois cartes sur un BUS à partir d'un micro-processeur Intel disponible sur catalogue et un système d'exploitation dérivé de MS-DOS vendu par Microsoft, un clavier japonais, un lecteur de disquettes de Sharpour... Les clones d'I.B.M.-PC ont pullulé aussi bien pour les versions de base que pour les autres PC-XT et PC-AT. La compatibilité logicielle permet de faire tourner tous les logiciels écrits par ailleurs pour I.B.M. et en particulier les très nombreux logiciels relativement bon marché, écrits par des sociétés de services, la compatibilité matérielle permet d'introduire diverses extensions prévues pour les I.B.M.-PC d'origine. S'il reste toujours quelques éléments de distinction -hors l'esthétique-, ils sont très réduits pour un grand nombre de compatibles et :? ramène pour quelques-uns d'entre eux à de très petits détails d'architecture. Il s'agit donc de construire une copie presque conforme d'un modèle de machine à traiter l'information. C'est évidemment pour le copieur une situation facile : il n'a pas à rentabiliser les mêmes coûts de Recherche et Développement, pas même à parler sur la création du marché. Le leader fait nature ce marché et, dans la mesure où l'assemblage est simple et les composants disponibles sur les marchés intermédiaires, le copieur peut offrir des prix alléchants. Dans l'exemple de l'I.B.M.-PC, il est bien des cas où le copieur n'offrirait rien de plus, il en est d'autres où les versions offertes étaient à la fois compatibles et supérieures pour un prix moindre. Le très grand nombre (plusieurs millions) vendu de ces machines et la multiplication des logiciels vendus également à grande échelle ont créé une norme de fait releguant les non-compatibles (hormis APPLE et son Mac-Intosh qui se soucie cependant d'un rapprochement optionnel) en dehors d'une dynamique de croissance très vive.

111. Cette normalisation de ce qu'il faut vendre et faire, liée souvent à quelques composants ou logiciels spécifiques, pose évidemment le problème du copyright. Depuis le début des années quatre-vingt, la plupart des pays s'efforce de protéger leurs logiciels des copies et en particulier le logiciel qu'ils inactivent dans le silicium, c'est-à-dire quand est conçu un circuit intégré, mémoire ou micro-processeur. Ce n'est pas chose aisée et des procès difficiles ont eu lieu ou sont en cours. I.B.M. avait accusé d'espionnage les japonaises Hitachi et Fujitsu qui s'efforçaient de connaître à l'avance les caractéristiques de sa nouvelle gamme pour préparer le plus rapidement possible les futurs compatibles... Intel a accusé la

firme japonne NEC d'avoir copié ses circuits, à leur tour des firmes japonaises, telles que Hitachi, accusent la firme coréenne Samsung d'avoir copié leurs circuits intégrés.

112. Contourner les difficultés liées au caractère multi-intensif de la dynamique d'évolution des conditions de la production électronique n'est donc pas tout à fait évident, en particulier elle peut tomber sur le coût de la loi. En revanche, des producteurs peuvent être amenés à faire dans les faits quelque chose d'assez semblable en accord avec le producteur original d'équipement par le système dit d'O.E.M. (Original Equipment Manufacturer) en informatique et pour d'autres type de machines, ou encore par le système dit de seconde source dans les semi-conducteurs. Dans les semi-conducteurs, la plupart des fabricants américains originaux avaient pris l'habitude de passer des accords avec d'autres firmes, européennes en général, afin d'approvisionner un marché plus vaste et de fournir, sans trop de délais, leurs clients quand la demande cyclique est au point haut.

113. Ces conditions générales de production, que l'on retrouve de manière plus ou moins marquée pour les différents produits de l'électronique, sont évidemment complétées pour chacun d'entre eux par des caractéristiques particulières. Nous examinerons un peu plus en détail ce qui concerne les circuits intégrés-mémoires et les téléviseurs.

4.2. Le cas des circuits intégrés-mémoires

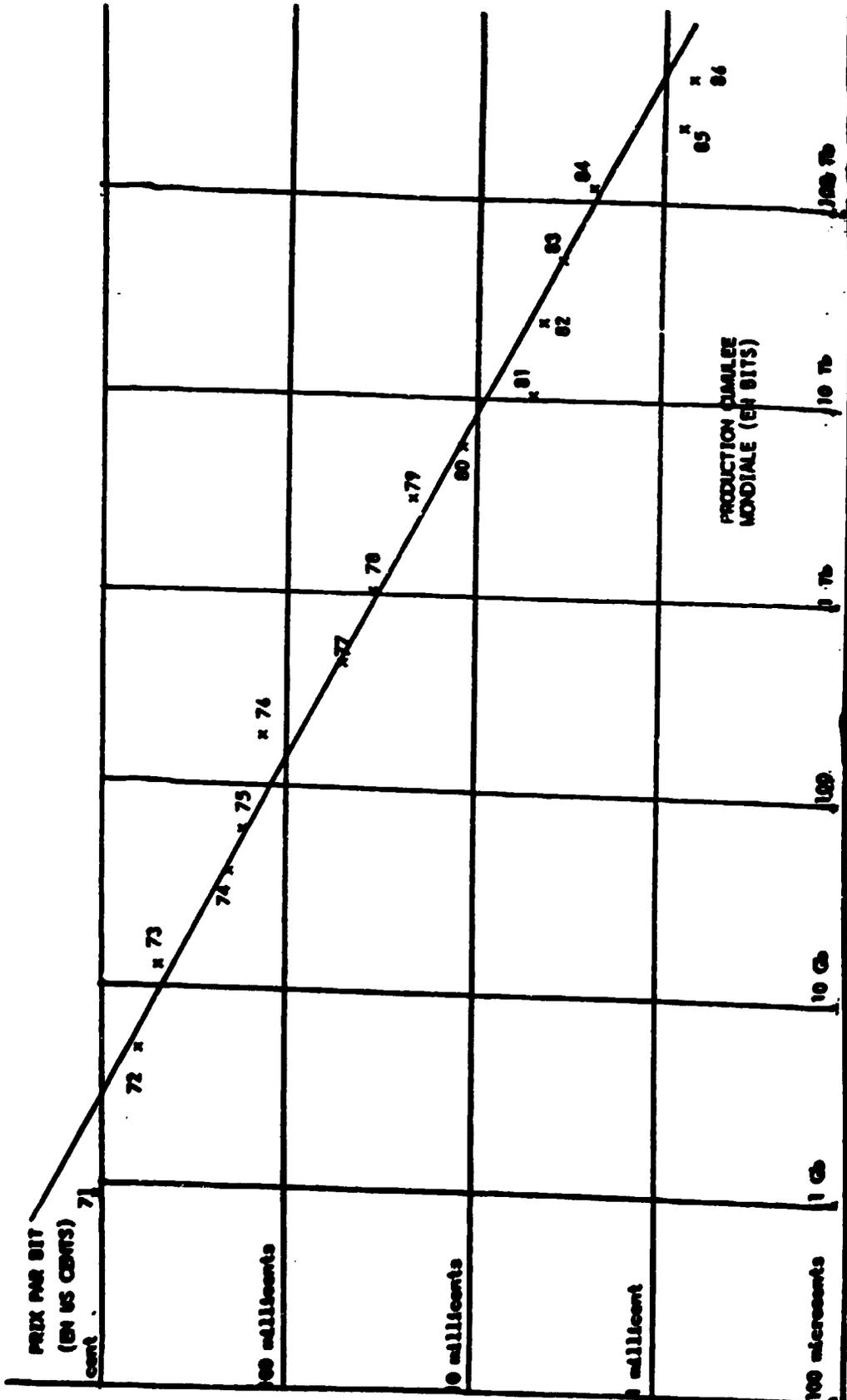
114. L'industrie des semi-conducteurs offre donc les briques de base nécessaires à l'ensemble de l'industrie électronique et son fonctionnement a, par suite, un impact certain sur celui de toute cette industrie, dont la place devient considérable au regard de toutes les autres industries. C'est en ce sens que cette industrie peut être considérée comme stratégique. Sur ce sous-ensemble des produits électroniques, on rencontre un nombre déjà élevé d'acteurs. Nous en avons repéré 73 pour 1984 (cf J.L. PERRAULT, 1985, p. 8) qui vendent leur production sur la scène mondiale. Il est intéressant de noter immédiatement une caractéristique originale : le plus important producteur mondial de semi-conducteurs n'offre pas sa production sur le marché. I.B.M. couvre en effet, par une production interne (in house), une part non négligeable de ses besoins, évidemment difficiles à chiffrer précisément, mais que l'on s'accorde à évaluer aux alentours de 2 à 3 milliards de dollars. Ainsi, par exemple, en 1985, selon Integrated Circuit Engineering Corp., sur une production nord-américaine de circuits intégrés, évaluée globalement à presque 14 milliards de dollars, il fallait compter avec une production dite "captive" de 4,7 milliards de dollars, soit presque le tiers. Bien sûr, ce que l'analyste peut réellement observer sur ce marché, ce sont les "merchant-producers".

115. La structure moyenne concentrée des producteurs-marchands fait apparaître une sorte de "groupe directeur" d'une dizaine de fabricants qui définit la situation de l'industrie. Celle-ci ne doit pas être comprise comme un état stable tel que l'oligopole nous a habitués à le considérer, avec une grande rigidité des prix ainsi que des diverses conditions de l'échange. Toutefois, ce groupe directeur fonctionne un peu comme un cartel implicite ou

un oligopole de collusion qui cherche à maintenir la domination du groupe directeur sur la situation de l'industrie. Cette situation évolue très rapidement. Ce que doit donc maîtriser ce groupe directeur c'est, d'une part, en matière de prix, une "trajectoire optimale" de décroissance des prix, et d'autre part combiner cette décroissance avec le renouvellement perpétuel des caractéristiques techniques du produit et des processus de sa production. Afin de préciser ce mouvement d'évolution que le groupe directeur s'efforce de guider et de maîtriser pour maintenir sa domination, il convient de l'illustrer sur un exemple, ce sera celui des mémoires, qui permettent le stockage électronique de toute information mise sous forme de "bits", le nouvel alphabet universel.

116. Il se met en place une sorte de "courbe d'apprentissage mondiale" qui lie de manière à peu près parfaite le prix par bit de mémoire en dollars et la production mondiale cumulée en bits comme le montre ci-après le tableau I-20.

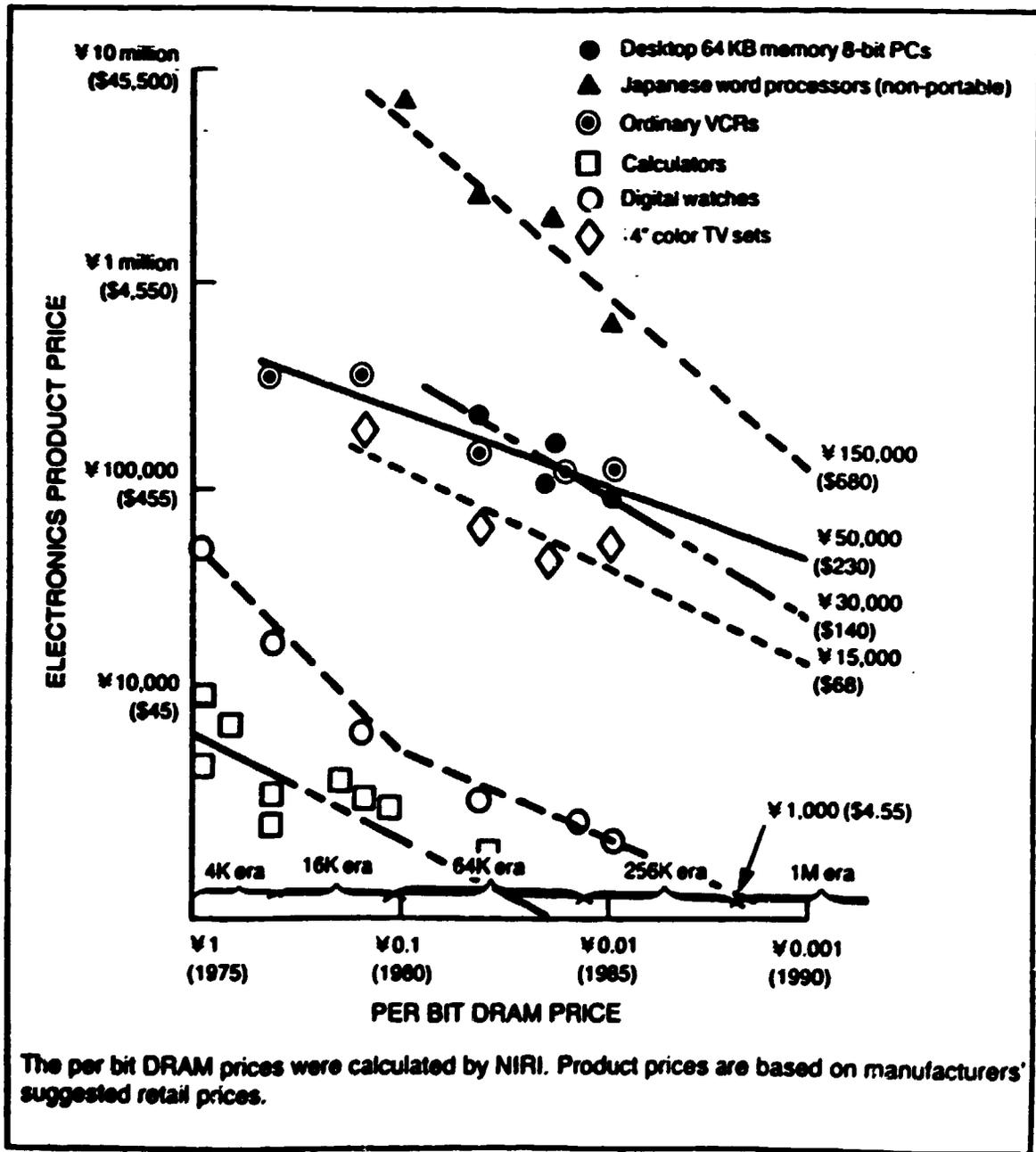
Tableau I-20 : LA COURBE D'APPRENTISSAGE MONDIALE DU BIT-MEMOIRE



Source : E. de ROBIEN, 1986, op. cit., p. 50.

117. Cette évolution du prix du bit des mémoires se répercute sur celui de tous les produits de la construction électronique. Ceci a été mis en évidence, par exemple par l'EIAJ, l'Association japonaise des industries électroniques à qui est emprunté le tableau ci-dessous.

Tableau I-21 : L'ÉVOLUTION DES PRIX DES BITS-MÉMOIRE ET DES PRODUITS ÉLECTRONIQUES

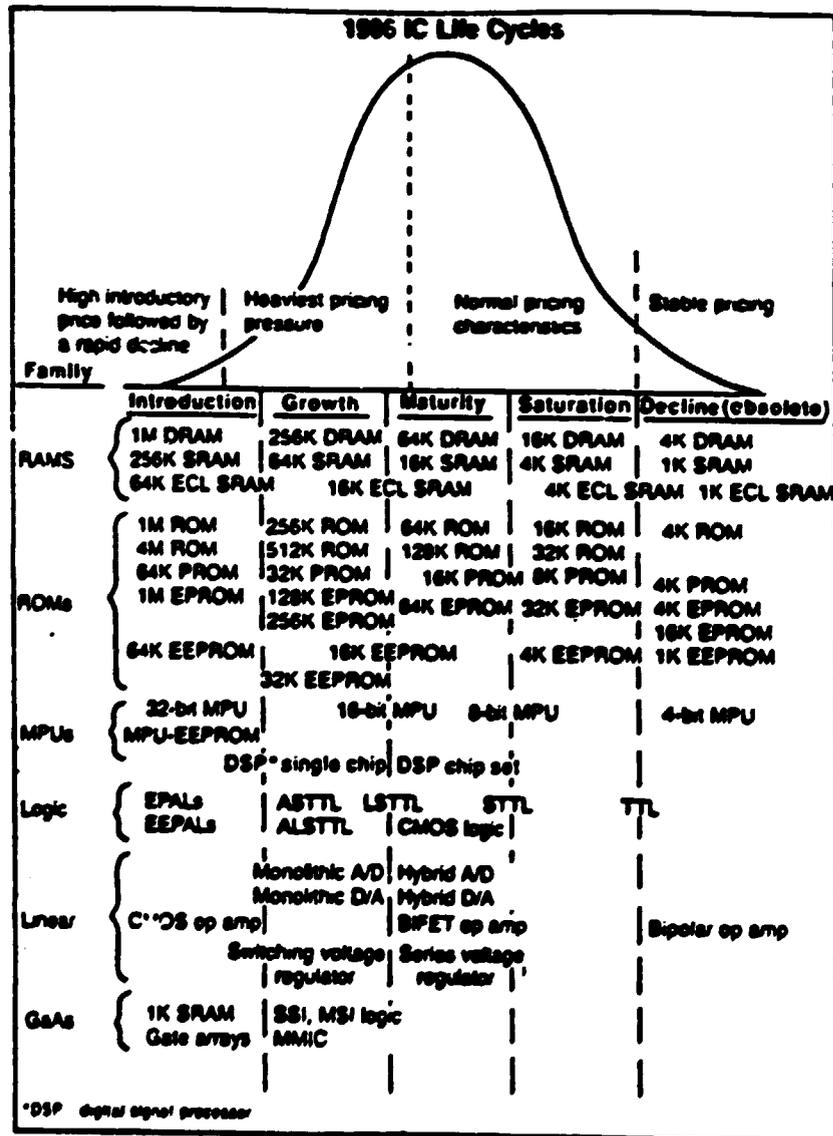


Changes in Per Bit DRAM Prices and Electronics Product Prices

Source : Rapport de l'EIAJ, 1986

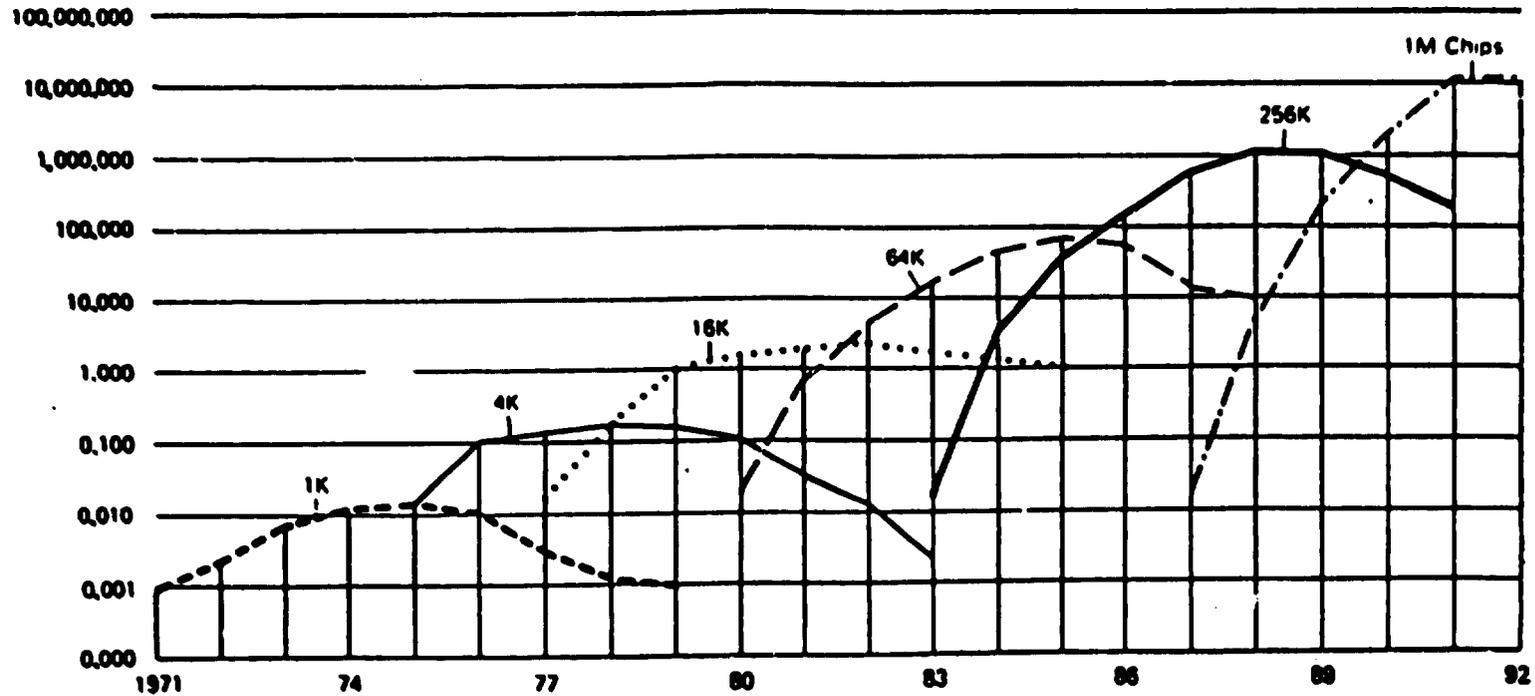
118. L'évolution à la baisse du prix des mémoires D.RAM est liée à l'évolution de leur densité d'intégration de la quantité de bits stockés sur une même puce (16 K, 64 K, 256 K, 1 M, etc.). Celle-ci double environ tous les 18 mois. Ajoutons que toutes les catégories de circuits intégrés, et donc pas seulement les mémoires D.RAM, ont un cycle de vie et de renouvellement très court, comme le montre le tableau I-22. Au cours de chacun de ces courts cycles, le processus de formation des prix évolue. Dans chaque catégorie de circuit, les prix sont d'abord très élevés, puis les ventes se font à des prix qui anticipent les économies d'échelle internes considérables : à ce stade, les prix deviennent inférieurs à ceux de la génération précédente et stimulent la demande par la baisse des coûts, alors que précédemment c'était la perspective de l'amélioration technologique qui avait dévié une partie de la demande de la génération précédente à la génération nouvelle. Ensuite, les prix se forment d'une manière plus conforme à l'état du marché et enfin les prix deviennent stables avec l'obsolescence technologique.

Tableau I-22 : LES CYCLES DU PRODUIT DANS LES CIRCUITS INTEGRES



119. D'une génération à l'autre, la production et les ventes s'accroissent de manière importante, ce qui correspond évidemment à la forte croissance globale des produits de l'électronique déjà mentionnée. Si au début des années soixante-dix ont été vendues environ 1 million de mémoires (D.RAM), en 1985 ce nombre de mémoires livrées est de l'ordre de 1 milliard. Pour les différents types de circuits intégrés, les cycles de génération en génération montent donc une sorte d'escalier concernant l'échelle des ventes, comme le tableau I-23 le montre pour les mémoires D.RAM.

10^9 unités binaires



Source : Bureau of Industrial Economics "U.S. Industrial Outlook : 1984"
U.S. dept. of Commerce, Washington, pp. 30-7 et 30-8

Tableau 1.23 : EVOLUTION DES LIVRAISONS DES GENERATIONS DE MEMOIRES D'RAM

120. De génération en génération, les coûts de Recherche et Développement et la durée nécessaire se sont accrus fortement. Si les fabricants espèrent enrayer la croissance du temps nécessaire par le recours aux outils d'aide à la conception, en revanche il n'est pas possible d'envisager de réduire les coûts. National Semi-conductor indiquait en 1987 les ordres de grandeur suivants pour le développement des mémoires : 1 an et deux millions de dollars pour les premières mémoires 1 K ; deux ans et 10 millions de dollars pour les mémoires 16 K ; trois ans et 100 millions de dollars pour les mémoires 1 Mégabit. Dans l'ensemble des industries dites de haute technologie, l'industrie des semi-conducteurs est celle qui a les ratios de dépense rapportée au chiffre d'affaires ou aux profits les plus élevés et croissants, comme le montre le petit tableau suivant concernant les Etats-Unis :

	RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT			
	dépenses rapportées			
	au chiffre d'affaires		aux profits	
	1978	1981	1978	1981
Moyenne				
Haute technologie	4,0 %	nd	65,4 %	nd
Aérospatiale	3,7 %	4,8 %	93,0 %	141,8 %
Semi-conducteurs	5,8 %	7,1 %	102,3 %	174,0 %

Source : D'après Electronics, 17/01/80, p. 83, cité par D. ERNST, *The global race in micro-electronics*, Campus Verlag, 1984, p. 65, et Business Week, 05/07/82.

Pour l'ensemble des producteurs de semi-conducteurs, l'effort de R et D représente aujourd'hui environ 10 % du chiffre d'affaires. Pour les producteurs réalisant les produits les plus complexes, tels que les micro-processeurs, ou souhaitant avancer très vite dans la technologie, le pourcentage peut être élevé encore.

121. Les coûts de fabrication s'élèvent également très fortement d'une génération à l'autre, ne serait-ce qu'en raison du fait que des équipements toujours plus onéreux doivent être amortis sur une période extrêmement courte. Parmi les coûts de fabrication, c'est la lithographie (cf paragraphe 56) qui constitue à elle seule une part considérable : 40 à 45 % selon les experts comme M. BOREL (responsable des recherches en technologie des circuits intégrés chez Thomson, *Electronique Hebdo*, n° 44, octobre 1987, p. 58). Or, les prix de ces équipements tendent à s'élever avec, c'est bien logique, les performances optiques et mécaniques de précision de plus en plus élevées qu'on leur demande. C'est ce que montre le tableau I-24 : le prix des équipements a été multiplié par dix et le rendement divisé.

Tableau 124 : EVOLUTION DES EQUIPEMENTS DE LITHOGRAPHIE

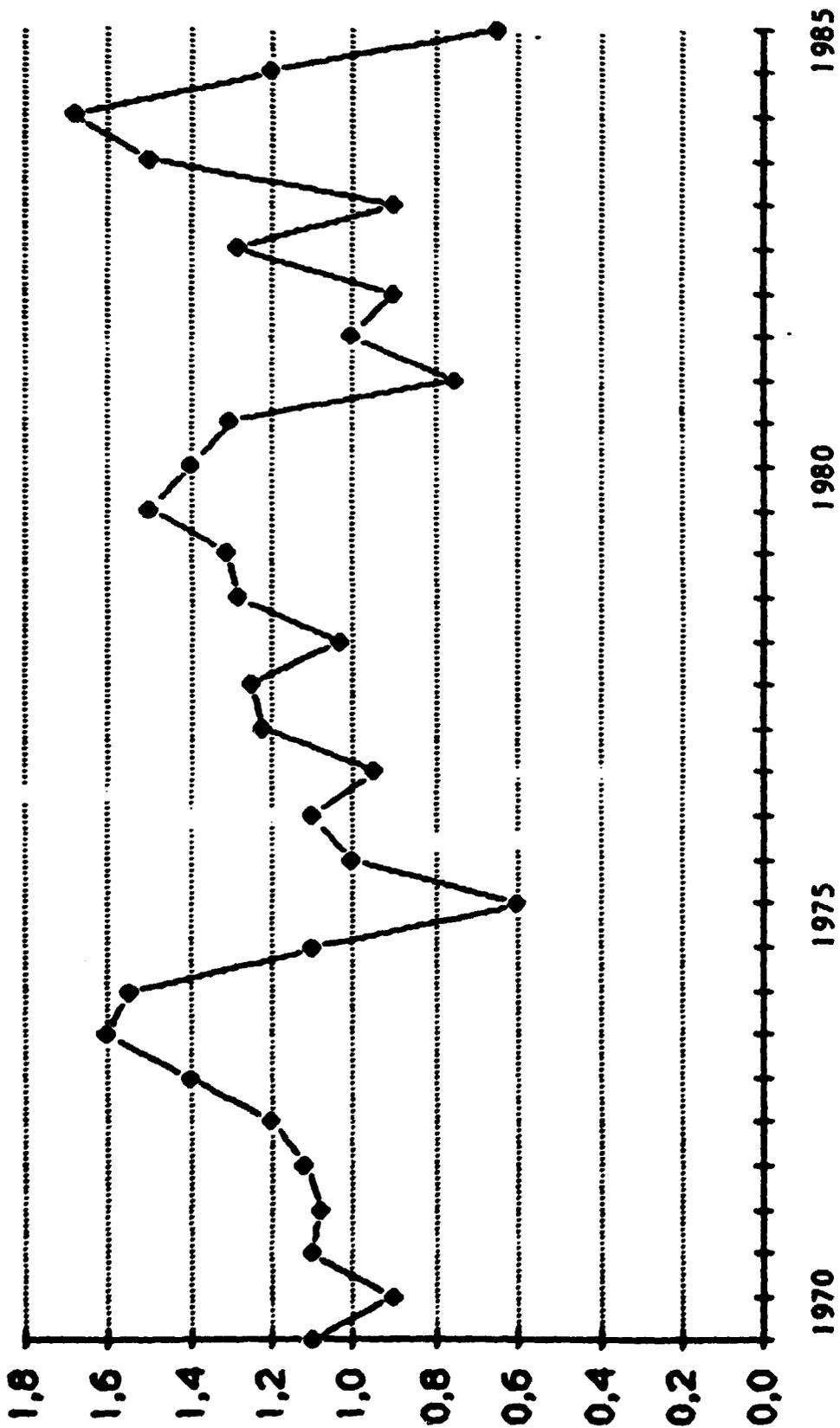
Equipement de lithographie	Année de développement	Coût moyen (K \$)	Production Usine/heure
Proximity printing	1972	25 à 125	100
Projection printing	1973	250 à 750	50 à 80
Stepper	1976	350 à 1 000	15 à 40
Rayon X	1982	500	50
Electron Beam	1983	1 000 à 3 000	5 à 15

Source : D'après P. DELMAS, *Le Cow-Boy et le Samouraï*, Ministère des relations extérieures, Paris, 1984, p. 81.

122 Pour se maintenir parmi ceux qui font la situation de l'industrie, tout producteur doit donc procéder à des investissements importants en équipement tout en gardant le contact avec l'état de l'art en matière technologique. Ceci suppose de réinvestir régulièrement des sommes considérables dans la production et croissance de génération en génération de produits. En 1984, la production réunie du Japon et des Etats-Unis en semi-conducteurs a pu être évaluée à 28,7 milliards de dollars et les investissements réalisés ont atteint 6,6 milliards de dollars, ce qui représente un ratio moyen Investissement sur Chiffre d'affaires égal à 23 %. Ce ratio était de l'ordre de 10 % en 1975 et 16 % en 1980 (d'après M. FRENCH, *The semi-conductor industry: an overview*, Datamation, avril 1980, p. 164). Au total, pour les fabricants les plus en pointe, il faut consacrer la moitié du chiffre d'affaires, voire plus, aux dépenses d'investissement et de Recherche et Développement.

123 Le groupe directeur est donc dans ces conditions une sorte de "peloton de tête" dans une course effrénée exigeant un équipement toujours plus sophistiqué et au sein duquel il n'est pas du tout évident de pouvoir se maintenir. Les manoeuvres sont elles-mêmes délicates car l'évolution à court terme est beaucoup plus perturbée que ne le laissent supposer les tendances longues que nous venons de présenter. A des années de croissance de l'ordre de 40 %, peuvent succéder des années de véritable crise avec des taux de croissance négatifs des ventes comme en 1974-75, 1981-82 ou 1985-86. Située en amont de la construction électronique, cette production de brèves de base subit évidemment le phénomène d'accélération de la demande dérivée. L'évolution du ratio habituellement observée des commandes aux facturations montre clairement le caractère cyclique. Le tableau I-25 reprend ce ratio.

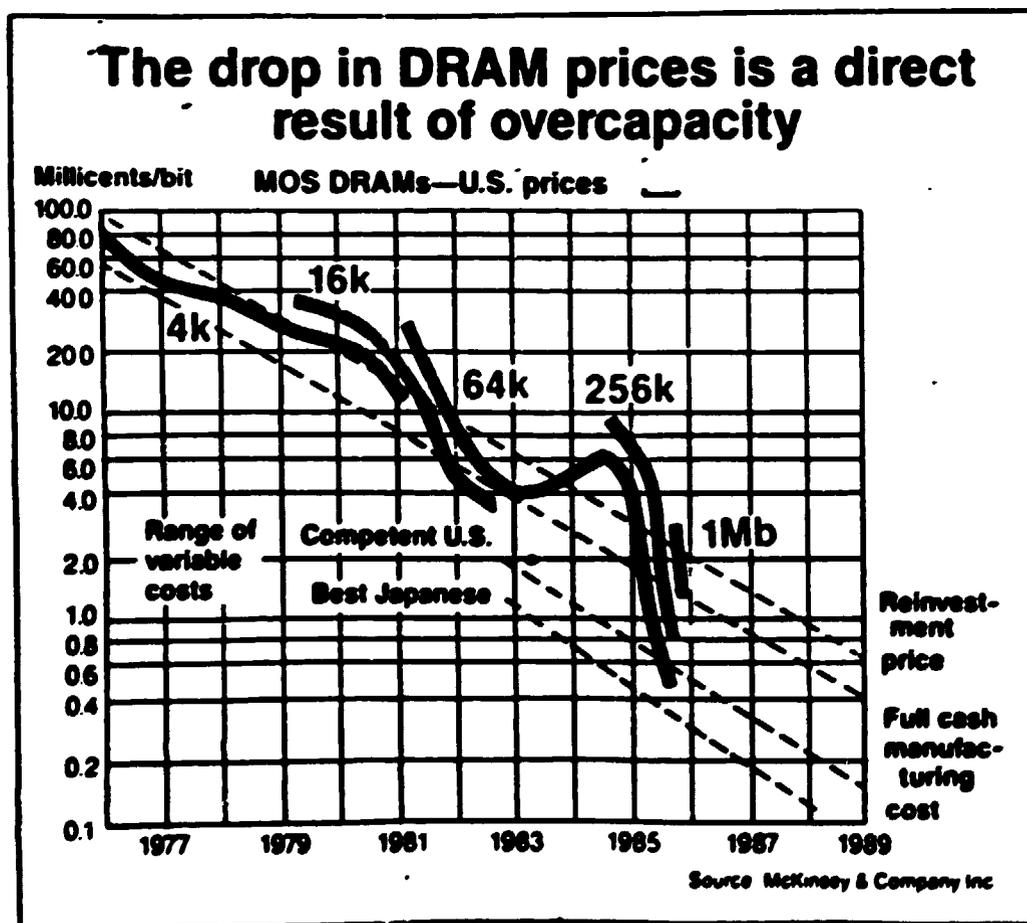
**Tableau I-25 : RATIO SEMESTRIEL COMMANDES SUR FACTURATION DES CIRCUITS INTEGRES
MEMOIRES D.RAM**



Source : J. MIZRAHI, "L'échiquier électronique", Hachette, Paris, 1986, p. 131.

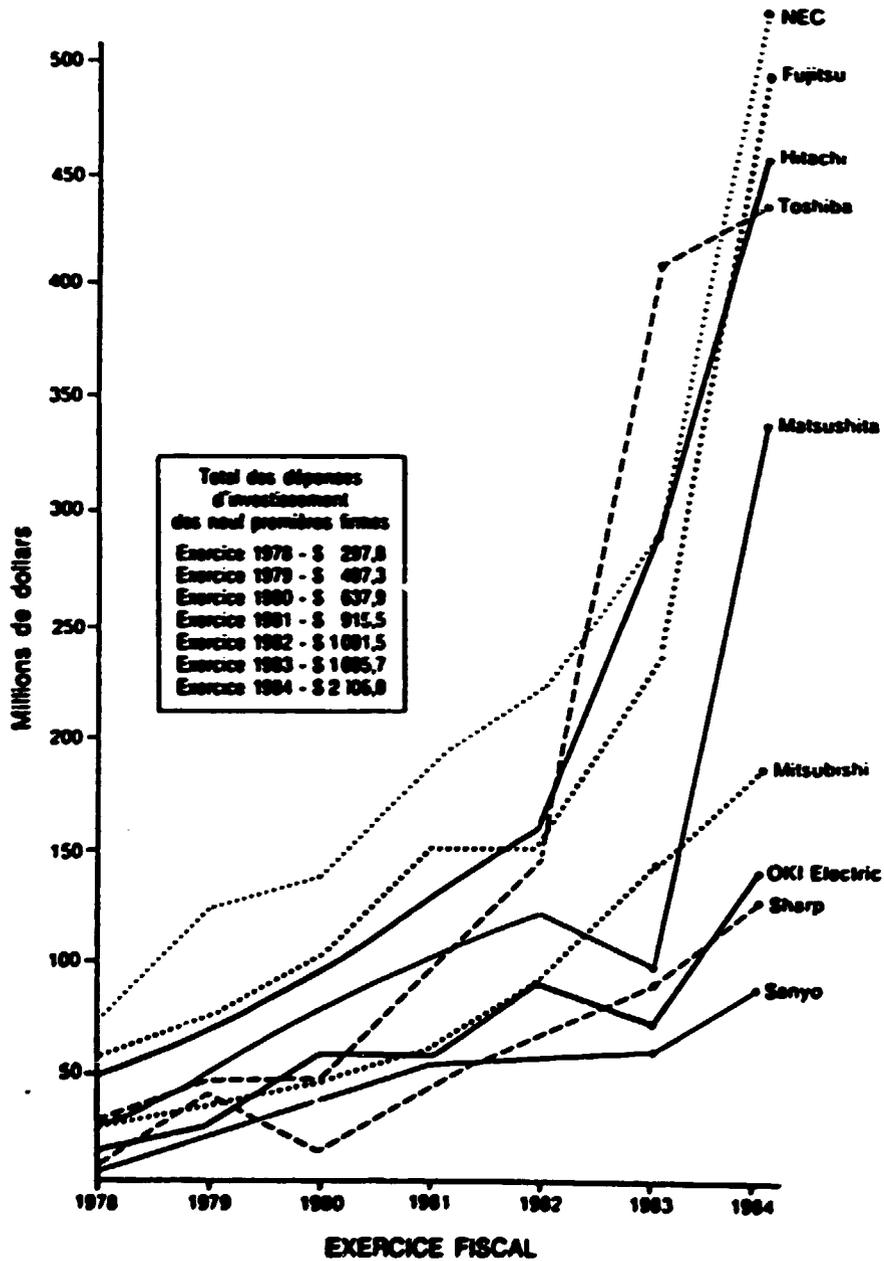
124. L'évolution des prix subit donc non seulement les phases du cycle de vie du produit (cf paragraphe 118), mais également les fluctuations de la demande et éventuellement les fluctuations de l'offre, amplifiées par l'investissement agressif de certains concurrents. En période d'offre insuffisante, la baisse des prix se trouve freinée mais la réaction des offreurs, très soucieux d'aller vers les générations suivantes, risque plus de conduire à des investissements élevés et une offre qui peut entraîner, dans le cas d'une demande qui tarde à devenir dynamique, des surcapacités ; celles-ci peuvent provoquer une baisse accélérée des prix sans que l'on soit assuré que les ventes à venir aient des volumes suffisants pour couvrir les coûts (de plus en plus élevés du capital investi). C'est ce que montre un article d'Electronic Business de mars 1986, dont est tiré le tableau I-26, tandis que le tableau I-27 illustre la course japonaise à l'investissement. On comprend très bien qu'une telle situation de l'industrie, qui n'a rien de la stabilité structurelle, tient plus de l'exploit permanent avec l'ascension successive de pics toujours plus difficiles et n'est pas le résultat d'une tacite harmonie entre firmes individuelles, mais plutôt d'une compétition très vive. Elle a donné lieu à des tensions fortes entre les Etats-Unis et le Japon en dépit d'un accord (30 juillet 1986) que d'autres producteurs ont craint par ailleurs qu'il se soit fait à leur dépend (c'est en particulier le cas des Européens).

Tableau I-26 : LA CHUTE ANORMALE DES PRIX DES MEMOIRES



Source : Electronic Business, 1er mars 1986, p. 92.

Tableau I-27 : LA COURSE JAPONAISE A L'INVESTISSEMENT DANS LES SEMI-CONDUCTEURS



Source : Dataquest, Inc.

Source : D'après S. TATSUMO, *Les technopoles ou la révolution de l'intelligence*, les Editions d'Organisation, Paris, 1987, p. 280.

4.3. Le cas de l'industrie des téléviseurs

125. A ses débuts, l'offre en électronique grand public était réduite et venait de producteurs issus de l'industrie électrique et de la radio diffusion. Ces derniers purent profiter de la cession des licences de R.C.A. (Etats-Unis), firme qui a mis au point les premiers téléviseurs. Les entreprises présentes sur ce marché opèrent pour la quasi-totalité d'entre elles sur l'ensemble du secteur grand public. L'extension continue du marché mondial des téléviseurs, le développement de la péritélévision (ensemble des matériels et services utilisant l'écran du récepteur T.V. comme terminal de visualisation) font que le téléviseur demeure le produit pilote du grand public (accompagné maintenant par le magnétoscope) et le pivot du nouvel âge de l'électronique dans la maison en attendant la domotique globale.

126. Aujourd'hui les producteurs significatifs sont très peu nombreux, on peut en dresser la liste avec leur production en 1986 :

Millions d'unités de TV produit

Philips	6,2
Matsushita (Japon)	4,7
Sony (Japon)	3,8
Thoshiba (Japon)	3,2
Hitachi (Japon)	3,1
Thomson/Thorn (France) *	3,0
GE/RCA (Etats-Unis) *	2,8
Samsung (Corée)	2,5
Sanyo (Japon)	1,8
Sharp (Japon)	1,7

* en 1987, Thomson a racheté la branche EGP de GE/RCA après avoir acquis celle de Thorn EMI (G.B.)

Source : Bis Mackintosh

127. L'extension potentielle du marché commande une augmentation des capacités de production, mais c'est surtout l'évolution des techniques qui, par les investissements lourds qu'elle a entraînés et qu'il faut amortir, a exigé de passer à une production en grandes séries. Ces deux contraintes n'ont cessé de s'amplifier. Au travers de l'étude de la structuration du marché mondial, on va mettre en évidence qu'elles en ont été les conséquences.

128. Dans les années soixante, la structuration de l'industrie s'est effectuée par le biais de concertations nationales. Ainsi, en Grande Bretagne, le nombre de fabricants de

récepteurs TV est passé d'environ 40 en 1955 à une dizaine en 1965. La décennie 1970 est caractérisée par une restructuration de l'industrie qui va s'effectuer cette fois au niveau mondial, sous l'impulsion des firmes japonaises ; celle-ci se poursuit encore à l'heure actuelle. Les Japonais, dans un premier temps, se sont attaqués au marché américain.

129. La tactique japonaise a emprunté deux chemins principaux. Le premier a consisté en des exportations massives de téléviseurs qui profitent de la faiblesse relative du Yen et qui ont été suivies d'implantations de sociétés commerciales après avoir assuré une notoriété de marque. Le second s'est appuyé sur des marques américaines, surtout en rachetant des unités de production aux Etats-Unis. Ainsi, en 1976 Sony fabriquait 300 000 TV couleur à San Diego, tandis que Quasar était cédée en 1974 par Motorola à Matsushita.

130. Il s'en est suivi un démantèlement presque total de l'appareil productif local américain, amplifié par des erreurs tactiques des grands producteurs locaux. Seul R.C.A. avait résisté, mais les licences qu'il avait cédées ont profité plus aux firmes japonaises qui, par ailleurs, sur le terrain de l'évolution technico-commerciale où elle avait joué jusqu'ici une stratégie gagnante, l'ont manifestement jouée : magnétoscopes et compact-disques ont été les occasions manquées qui ont décidé du sort de R.C.A. Ainsi, alors qu'en 1974 il existait une quinzaine de fabricants de TV couleur aux Etats-Unis, dont 12 américains et 3 japonais, aujourd'hui la proportion est inversée.

131. A partir du milieu des années soixante-dix, les constructeurs nippons vont privilégier d'autres axes stratégiques. Ils pratiquent la délocalisation d'unités de production vers les zones à faibles taux de salaire et en particulier en Asie du Sud-Est : usine d'Hitachi à Singapour et Taïwan par exemple. Par ailleurs, ils procèdent à l'automatisation des unités de production déjà existantes. Dès 1978, 85 % de la production de TV couleur de Matsushita est automatisée. Enfin, ils font des opérations conjointes avec des acteurs locaux et implantent des unités de production dans les zones de grands marchés potentiels. A partir de 1974, les firmes nipponnes s'installent ainsi en Europe, d'abord en Grande Bretagne (Sony en 1973, Toshiba, Hitachi en 1978), puis dans les principaux pays consommateurs (Matsushita en Espagne en 1985, Hitachi en R.F.A. en 1978, Sanyo est du Brésil).

132. Les autres grandes firmes productrices de téléviseurs, principalement européennes, avaient disposé jusque là d'une protection par les normes (SECAM en France, PAL en Allemagne), tandis que le Japon et les Etats-Unis avaient le même standard (NTSC), mais en revanche n'avaient pas bénéficié de l'étendue du marché américain puisque le marché européen était cloisonné. Face à ces firmes pratiquant l'exportation et la production de masse, des firmes européennes vont tenter d'imiter en quelque sorte ce qui entraîne depuis 1978 un processus de concentration à l'échelle européenne, qui déborde à l'échelon mondial. Deux firmes s'efforcent d'y parvenir : Philips (prise de participation majoritaire dans Grundig, rachat de Sylvania en 1981) et Thomson (rachat de Normende (1978) et Dual (1982) en Allemagne, THORN (1986) en Grande Bretagne et RCA/GE (en 1987)). De même, on assiste à la réorganisation de la production et à la recherche de la rentabilité optimale.

133. Thomson va imiter le savoir-faire japonais. Il s'aperçoit que Toshiba a une usine qui produit annuellement un million d'exemplaires et n'a que 80 modèles, tandis que, par exemple à Angers, Thomson ne produit, en 1983, que cinq cent mille téléviseurs et peut "s'enorgueillir" de 250 modèles (Usine Nouvelle, septembre 1984, p. 92). Thomson s'est mis à l'automatisation et a réduit le temps de production d'un téléviseur de 9 heures en 1978 à deux heures et demi en 1985. Il procède également à la délocalisation d'une partie de la production vers Singapour où le coût horaire du travail en 1986 est de 12,5 FF contre 85 FF en France. A cela s'ajoute de nombreuses fermetures d'usines (celle de Philips à Berlin en 1982) et de fortes réductions d'effectifs. Une fois les conditions de rentabilité rétablies, les firmes doivent, grâce aux marges dégagées, se tourner vers l'innovation et laisser le marché des produits en fin de cycle aux acteurs ayant des coûts de production les moins élevés.

134. L'uniformisation des conditions de production permet de définir, aux prix en vigueur, la taille critique indispensable : elle est considérée aujourd'hui de l'ordre de 2 millions de téléviseurs par an (source Usine Nouvelle, 17/12/87). Parmi ces conditions de production, il faut prendre en compte l'importance de la Recherche-Développement nécessaire à suivre l'évolution technologique des récepteurs. La nécessité des économies d'échelle tient principalement à la taille des investissements en capacité de production (automatisation, développement d'usine), à la productivité élevée exigée pour être compétitif en prix. Cela ne saurait cacher le fait que chaque producteur doit s'adapter, s'il en n'est pas le promoteur, à un progrès technique rapide.

135. La première rupture technologique a été l'introduction des postes couleur en remplacement des postes monochrome au milieu des années soixante sous l'impulsion de R.C.A. La firme américaine a pu imposer sa courbe d'apprentissage aux firmes suiveuses. Certains n'ont pu maîtriser le savoir-faire nécessaire et ont alors été exclus du marché C'est le cas par exemple des firmes argentines.

136. D'autres évolutions technologiques ont eu lieu et se poursuivent. On peut noter l'amélioration du son grâce aux performances accrues des enceintes acoustiques. On note également un mouvement de baisse de la consommation énergétique (fonction de la taille de l'écran) depuis 1960. De manière générale, l'introduction de l'électronique des circuits intégrés a été remarquable pour les différentes fonctions et pour la fonction principale de traitement du signal puisque celle-ci est réalisable, depuis 1984, par une seule puce sur les téléviseurs japonais. Le tableau I-28 fait l'historique rapide de l'introduction de la micro-électronique dans les téléviseurs. Le plus remarquable pour le spectateur concerne un autre domaine évidemment, celui de l'amélioration de l'image et du format de l'écran grâce aux progrès réalisés au niveau des composants et des tubes. Il y a d'abord eu l'introduction des tubes à coins carrés puis des tubes plats (écran plat).

Tableau I-28 : EVOLUTION DES TELEVISEURS ET UTILISATION DES CIRCUITS INTEGRES AU JAPON

• Year	• TV Sets	• ICs
1960s	Mass production of TV sets utilizing monolithic ICs	Monolithic linear ICs for audio IF
	All IC color TV sets	Signal processing linear ICs/system
1970s	TV sets with electronic tuners enabling the selection of channels by mere touch	ICs for channel selectors (linear and digital)
	TV sets with remote control	ICs for transmission and receiving (I ² L or CMOS)
	Electronic tuner TV sets of the synthesizer type	
	1) Voltage synthesizer	EAROM (MNOS) for memorizing tuning voltage
	2) Frequency synthesizer	Pre-scalers, PLL (ECL, I ² L) for high speed operations
	TV sets with sound multiplexer	Linear ICs for demodulation, and BBDs for enlarging sound field
	Flat TV sets	Small packaged linear ICs reduced power consumption
1980s	Liquid crystal TV sets	Liquid crystal displays and controllers
	Systematized TV sets	Analog switch ICs (CMOS, linear) for input switching
1983		Comb type filter ICs for improving image (linear, CCD)
	TV sets with character multiplexer	Decoder and LSI for displays (linear, MOS)
	SHF receiving converters	RAMs (50 kb/unit) for memorizing image
	Digital TV sets	GaAs ICs for down converter
	TV sets showing still pictures	LSIs for PCM decoders
	High resolution TV sets	LSIs for digital signal processing of videos, chroma, sound and deflection
		High speed A/D, D/A converters
		Frame memories 2 fl./unit
		Linear ICs for high frequency wide band

Source : EIAJ, rapport 1986.

137. L'usage accru des composants spécifiques et l'importance stratégique des tubes dans le processus de construction de récepteurs -le tube cathodique entre pour un tiers du prix de vente d'un téléviseur- font que les principaux producteurs pratiquent l'intégration verticale. Thomson (Vidéocolor) produit 3 millions de tubes cathodiques par an, SEL (racheté par Nokia en 1987) atteint les 2 millions d'unités. L'enjeu du marché du tube est tel que les producteurs "traditionnels" craignent l'arrivée de nouveaux entrants.

138. Les Coréens y sont parvenus en sachant s'adapter à l'évolution technologique dans le domaine des téléviseurs. Après avoir commencé par le bas de gamme (TV noir et blanc dans la première moitié des années soixante-dix), ils contrôlent environ 10 % du marché mondial en ayant pied sur les marchés américain et depuis peu européen : ainsi, par exemple, les firmes coréennes sont installées au Portugal et dans les îles britanniques. Elles se tourment maintenant de façon logique vers le marché des tubes (+ 60 millions vendus

dans le monde en 1987) où avec d'autres producteurs du sud-est asiatique peut-être, ils pourraient générer une surproduction et tenter de mener une guerre des prix.

139. Une autre conséquence de l'intégration de plus en plus massive des composants dans la télévision, comme dans l'ensemble des produits du grand public, est que les dépenses en Recherche et Développement (R.D.) des principaux groupes se sont accrues de manière notable depuis le début des années 1980. Ainsi, pour Sony, qui réalise presque tout son chiffre d'affaires (C.A.) dans le grand public, le ratio R.D./C.A. passe de 5,3 en 1980 à 6,9 en 1982 et 7,9 en 1984. Thomson a une équipe de 500 chercheurs spécialisés dans le grand public, tandis que chez Philips 250 chercheurs ne travaillent que sur les nouveaux développements des téléviseurs.

140. La numérisation des postes de télévision nécessite l'augmentation des investissements productifs et de la Recherche et Développement et fait du grand public une industrie de haute technologie. Aussi on assiste à l'arrivée de producteurs jusqu'alors spécialisés dans le haut de gamme ou dans des produits spéciaux (par exemple le premier combiné téléviseur-téléphone-ordinateur de Loeuve Opta, R.F.A.) dans la production de masse. Ainsi, Nokia (Salora/Luxor), qui produisait 600 000 téléviseurs en 1985, augmente ses capacités de 100 000 unités par an depuis lors. De plus, la firme finlandaise a racheté la branche TV d'Electrolux (200 000 TV/an) et de SEL (1,3 millions TV/an).

141. La bataille technico-industrielle de cette fin de siècle a commencé depuis le début des années quatre-vingt avec comme enjeu le remplacement de près de 500 millions de récepteurs à l'horizon 1995-2000 par des postes de haute définition (cf 3.3.1.). Les méthodes de production seront proches, mais les tubes et les principaux composants seront largement renouvelés pour des émissions qui, la plupart, seront émises via des satellites de diffusion directe. Si l'électronique grand public paraissait encore à certains dans les années soixante-dix, comme à peine digne d'être rattachée à cette électronique adulte fille du tout jeune micro-processeur, le doute n'est plus permis aujourd'hui, mais les conditions de fabrication de ces produits en sont devenues extrêmement difficiles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DU CHAPITRE I

(dans l'ordre où elles sont citées)

- GILLE B.**
(1978) *Histoire des techniques*
Gallimard, Paris, La Pléiade, 1978, 1 652 pages.
- MAUNOURY J.L.**
(1968) *La genèse des innovations*
Paris, 1968.
- DAUMAS M.**
(1962 à 1979) *Histoire générale des techniques*
P.U.F., Paris, 5 tomes.
En particulier tome IV, 754 pages.
- SCHUMPETER J.**
(1911) *"Théorie der wirtschaflichen entwicklung"*
Duncker et Humblot, Berlin.
- HUMBERT M.**
(1988 a) *"Les régulations sociales face au système industriel mondial"*
Colloque "La théorie de la régulation", Barcelone, juin 1988,
31 pages.
- MOUNIER A.**
(1974) *"La sélection des innovations, éléments pour une théorie"*
Thèse, Grenoble
- HUMBERT M.**
(1984) *"La mutation technologique mondiale"*
GERDIC, Rennes, 1984, 126 pages.
- DAUMAS M.**
(1981) *"Les grandes étapes du progrès technique"*
P.U.F., Paris, 1981, 128 pages.
- HUMBERT M. (édit.)**
(1988 b) *"Les stratégies d'industrialisation dans l'électronique"*
GERDIC, Rennes, 1988, 364 pages.
- FERRAULT J.L.**
(1981) *"La structuration de la branche informatique mondiale, 1950-1980"*
GERDIC, Rennes, 1981.

- GILLE L.
(1987) *"Les filières informationnelles face à la numérisation"*
R.E.I., n° 39, 1er trimestre 1987, p. 30-39.
- HUMBERT M.
(1987) *Les nouvelles industries de l'information et de la communication"*
R.E.I., n° 39, 1er trimestre 1987, p. 11-25.
- MAYO J.S.
(1985) *"Three technologies that will reshape electronics"*
Electronics Business, Dec. 10, 1985, p. 132-136.
- GROUT F.
(1988) *"Perspectives technologiques japonaises - Electronique-Informatique-Télécommunications"*
DCSTD, Ministère des Affaires étrangères, avril 1988, 62 pages.
- de ROBIEN E.
(1986) *"L'électronique : un défi planétaire, un enjeu : l'Europe"*
Commission Prospective des échanges internationaux, groupe Electronique, C.G.P., Paris, déc. 1986, 274 pages.
- Economic Commission for Europe (E.C.E.)
(1987) *"The telecommunication industry - growth and structural change"*
United-Nations, New-York, 1987, 292 pages.
- DANG NGUYEN G.
(1987) *"Concurrence, coopération et concentration dans l'industrie des télécommunications"*
Séminaire sur "La déréglementation asymétrique", Columbia University/Université de Compiègne, Paris, 19/20 juin 1987, 47 pages.
- PERRAULT J.L.
(1985) *"Les pratiques de prix dans l'industrie des semi-conducteurs : les interactions entre prix et innovation"*
Communication à la journée "Commerce international et formation des prix", GRECO-EFIQ, 41 pages.

CHAPITRE II

IMPACT DE L'AGE DE L'ELECTRONIQUE SUR L'ENSEMBLE DES ACTIVITES ECONOMIQUES

1. Le chapitre I nous a montré toute l'importance que revêt l'évolution technico-industrielle de l'électronique puisqu'elle nous fait passer à un nouvel âge de l'ère industrielle. En Europe, les pouvoirs publics des années cinquante s'efforcèrent de ce que leurs pays retrouvaient la production industrielle de 1928, laquelle ressemblerait fort à celle de 1913. Entre 1913 et 1952, la croissance industrielle, interrompue certes par deux conflits mondiaux, avait été lente, elle sera plus rapide de 1952 à 1973, puis semblera être restée homothétique. Le paysage industriel s'était surtout densifié un peu plus mais toujours autour des mêmes choses centrales. Le Nord de la France, la Rhur allemande, symbolisent encore l'industrie avec des terrils et des hauts fourneaux. Au début des années soixante, le fleuron de l'industrie reste la sidérurgie, l'employeur industriel principal de la vieille Europe continue à être le textile. Aujourd'hui, l'âge de l'électronique s'installe tandis que l'âge de l'acier doit laisser la place. On fera encore de l'acier, des textiles, mais autrement. Il faudra encore travailler mais les savoir-faire nécessaires seront différents. Ce n'est plus l'acier, ses engins qui font rêver, mais les micro-processeurs et la communication. Si l'on peut repérer ici ou là des changements qui reflètent cette installation de l'électronique, il serait illusoire de vouloir mesurer et d'additionner les impacts ponctuels : ce ne sont que des indices pour comprendre, si ce n'est déjà fait, qu'une mutation industrielle est en cours et que, selon le vocabulaire habituellement employé, des activités se modernisent.

1. Une explosion du degré de diffusion de l'électronique

2. Ce qui témoigne de l'installation de l'âge de l'électronique, c'est la diffusion de cette technique à travers les produits et les processus de production. Elle est assurée grâce à des systèmes qui amènent une autre manière de produire mais, aussi, en insérant de l'électronique dans des systèmes ou dans des produits préexistants et peut-être un peu transformés. L'insertion de l'électronique c'est principalement celle des circuits intégrés, mémoires et micro-processeurs. L'examen des ventes de circuits intégrés et de leur destination nous apporte quelques indications sur cette diffusion.

3. Les données du tableau II-1 concernent deux années, 1962 et 1966, et nous indiquent la situation des marchés des principaux consommateurs : Etats-Unis, Japon, Europe (et également le reste du monde pour 1966). La première remarque concerne le rythme d'évolution des marchés. Pour ces trois principaux marchés, le total passe de 11,9 milliards de dollars à 31,2 milliards de dollars, soit un taux de croissance annuel moyen de plus de 27 %. Ce taux est de 16 % pour les Etats-Unis, de 34 % pour l'Europe et de 45 % pour le Japon. Si l'on exclut la consommation militaire - qui n'existe pas au Japon -, la demande civile japonaise de circuits intégrés a dépassé en 1966 celle des Etats-Unis, alors qu'elle n'en représentait que 43 % en 1962. Sans qu'il soit possible d'établir de liaison statistique robuste entre ces données et des évolutions macro-économiques, à l'échelle internationale, on ne peut s'empêcher de remarquer la coïncidence entre les performances

globales japonaises sur la scène internationale et la diffusion plus rapide sur son marché que sur les autres de l'électronique des circuits intégrés.

Tableau II-1 : LA DESTINATION (%) DES CIRCUITS INTEGRES (1982-1986)

	ETATS-UNIS		JAPON		EUROPE		Reste du monde 1986
	1982	1986	1982	1986	1982	1986	
Dépenses militaires	17	15	-	-	5	5	
Informatique	40	40	13	33	25	20	20
Télécommunications	21	18	10	18	20	27	14
Utilisations industrielles	11	12	26	10	25	18	13
Biens de consommation (EGP, automobile...)	11	15	51	39	25	30	53
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>							
Valeur en milliards de \$	7,3	13,2	2,6	11,5	2,0	6,5	2,7
Coefficient 1986/1982		1,8		4,4		3,2	

Source : 1982, O.C.D.E., d'après C. EDQUIST et S. JACOBSSON, *"The integrated circuit industries of India and the republic of Korea in an international technico-economic context"*, Industry and Development, n° 21, UNIDO, 1987, p. 6

1986, I.C.E., d'après Electronic Business, juillet 1987, p. 31.

4. On doit tout autant souligner que la croissance globale des diverses économies reste modeste au regard de ces 27 %. Entre 1982 et 1986, le P.I.B. a cru d'un peu plus de 4 % en moyenne par an au Japon, un peu moins aux Etats-Unis, aux alentours de 2 % en Europe. Ces taux de croissance -comparables à ceux du 19^e siècle- sont considérés comme trop modérés. De notre point de vue, on peut dire que de nouvelles manières de produire, grâce à la diffusion de l'électronique, peuvent rendre plus productifs, que de nouveaux produits peuvent rendre des services inconnus jusque là ou nettement améliorés mais que les uns et les autres bousculent l'organisation ancienne des activités et de la macro-économie, sans pour autant que la technique électronique apporte avec elle la solution à ces problèmes que sa diffusion pose. Ainsi, faut-il remarquer que la diffusion de l'électronique se poursuit rapidement et engage donc la mutation industrielle, mais que la question de la diffusion de l'électronique et de la mutation industrielle qu'elle permet doit être distinguée de celle du rythme de croissance globale. Notons toutefois que la modernisation des activités

offre à l'électronique une croissance forte et qu'au fil des ans sa place accrue dans l'appareil de production fait que son rythme élargi influence plus fortement, de manière arithmétique, celui de l'ensemble. Les appareils de production spécialisés en électronique ont ainsi un taux de croissance globale qui peut être plus élevé que les autres.

5. Bien d'autres remarques sur ce tableau pourraient être faites, nous noterons seulement ce qui concerne les biens de consommations qui parviennent, malgré la croissance annuelle très rapide, à faire passer leur demande en circuits intégrés de 22 % à 27 % du total. Il faut voir là l'indice d'une pénétration de l'électronique dans la vie courante.

6. Pour décrire un peu plus avant la pénétration de l'électronique dans les entreprises, nous allons reprendre des résultats issus d'une enquête menée simultanément dans trois pays européens : Grande-Bretagne, Allemagne et France et publiés en 1985 (NORTHIOTT et alii). L'étude porte sur les années 1982 à 1984, et couvre l'ensemble des activités industrielles avec un échantillon de 700 à 1 000 établissements dans chaque pays, représentatif de l'ensemble de chacune des structures industrielles. L'étude s'est donc intéressée à la pénétration de la micro-électronique sous deux aspects : l'introduction de micro-électronique dans les produits, l'utilisation de biens d'équipement électroniques.

7. Le tableau II-2 nous montre la diffusion micro-électronique en pourcentage du nombre d'établissements selon les industries. Les équipements électroniques ont une diffusion étendue à tous les secteurs, tandis que pour ce qui est des produits l'essentiel des produits électroniques appartient à quelques branches : mécanique, électronique, automobile. Mais ceci est évidemment lié à la nature des biens : les vêtements ou les papiers dotés de circuits intégrés ne sont encore que des gadgets. L'importance de la diffusion des équipements franchit en 1985 un seuil moyen significatif : entre 40 et 50 % des établissements de ces trois pays européens ont introduit de la micro-électronique.

Tableau II-2 : EXTEND OF USE OF MICRO-ELECTRONICS BY INDUSTRY (WEIGHTED)

weighted for percentages of all manufacturing establishments

		food	chem.	metal	mech.	elec.	veh-	tex-	cloth	paper		
		metal,	goods,	eng.	eng.	eng.	icles	iles	ing	print	other	TOTAL
BASE	Britain	3.320	3.252	4.164	5.467	3.258	1.863	2.927	3.771	3.571	6.213	37.806
	Germany	4.100	5.426	2.307	5.056	4.512	2.700	1.812	3.227	2.750	8.291	40.181
	France	4.917	3.253	5.586	5.117	2.043	537	2.280	4.046	3.588	6.727	38.110
PRODUCT USERS												
	Britain	0	0	1	28	58	14	0	0	0	3	10
	Germany	0	7	5	42	42	9	1	0	6	3	13
	France	0	1	4	23	28	23	0	0	1	4	6
PROCESS USERS												
	Britain	88	51	48	45	51	33	38	27	62	36	43
	Germany	46	52	43	58	54	38	48	32	77	37	47
	France	38	43	38	31	33	58	34	23	58	28	35
ALL USERS												
	Britain	88	51	48	54	73	33	38	27	62	37	47
	Germany	46	53	44	67	66	41	41	32	88	38	51
	France	38	43	38	45	48	58	35	23	58	31	38
NON-USERS												
	Britain	48	48	88	46	27	67	78	73	38	63	53
	Germany	54	47	56	33	34	58	58	68	28	62	48
	France	61	57	62	55	51	41	65	77	58	68	62
TOTAL		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(1) For France figures metals are included under metal goods instead of under chemicals

Source : NORTHCOTT et alii, 1985.

8. Le tableau II-3 traduit cette insertion globale en nombre d'employés qui se trouvent dans les établissements concernés par cette diffusion. Dans la mesure où les introductions sont en moyenne un peu plus fréquentes dans les établissements de grande taille, les pourcentages sont un peu plus élevés. Seuls 15 % des employés en Allemagne, 29 % en France, ne travaillent pas dans un établissement ayant introduit la micro-électronique.

Tableau II-3 : STAGE OF DEVELOPMENT IN USE OF MICRO-ELECTRONIQUES (WEIGHTED)

weighted for numbers employed and percentages of all manufacturing employment

	Germany		France	
	no.	%	no.	%
BASE	6 890 050	100	4 139 530	100
PRODUCT APPLICATIONS				
In production already	2 211 766	32.1	547 162	13.2
Under development	} 486 884	7.2	84 195	2.1
Feasibility investigated			38 828	0.9
TOTAL	2 707 790	38.3	668 385	16.2
PROCESS APPLICATIONS				
In production already	5 153 757	74.8	2 419 219	58.4
Under development	} 551 284	8.8	153 180	3.7
Feasibility investigated			138 653	3.3
TOTAL	5 704 961	82.8	2 706 961	65.4
ALL APPLICATIONS				
In production already	5 338 788	77.5	2 552 426	61.7
Under development	} 486 884	7.2	229 215	5.5
Feasibility investigated			166 582	4.0
TOTAL	5 835 673	84.7	2 948 233	71.2
NON-USERS	1 054 177	15.3	1 191 297	28.8

Source : NORTHCOTT et alii, 1985.

9. Les tableaux II-4 et II-5 permettent de préciser un peu ce que l'on entend ici par introduction de la micro-électronique. Pour les produits, il s'agit donc de circuits intégrés sur catalogue ou plus ou moins personnalisés. Si les derniers circuits sont utilisés, il s'agit, comme le montre le tableau II-4, en général (à l'exception) à l'addition à l'emploi des micro-processeurs standards vendus sur catalogue. Les automates programmables suivis des machines à commande numérique sont les équipements les plus employés pour les procédés de production, alors que les robots (qui ont souvent enflammé les imaginations en raison de leur caractère androïde), n'ont qu'une place modeste.

Tableau II-4 : TYPE OF MICRO-ELECTRONICS COMPONENT USED : PRODUCT USERS

	percentages of establishments					
	Sample establishments (unweighted)			All manufacturing establishments (weighted)		
	Britain	Germany	France	Britain	Germany	France
BASE	198	290	158	3 767	5 125	2 433
Standard industrial microprocessors offered on catalogue	67	86	78	72	85	78
Custom integrated circuits developed for user's specific application	34	36	35	29	32	22
Semi-custom integrated circuits	31	22	25	22	14	21
Others	-	28	61	-	15	54
TOTAL	132	164	188	123	146	167

Note: Totals add to more than 100 because some respondents answered YES to more than one item

Source : NORTHCOTT et alii, 1985.

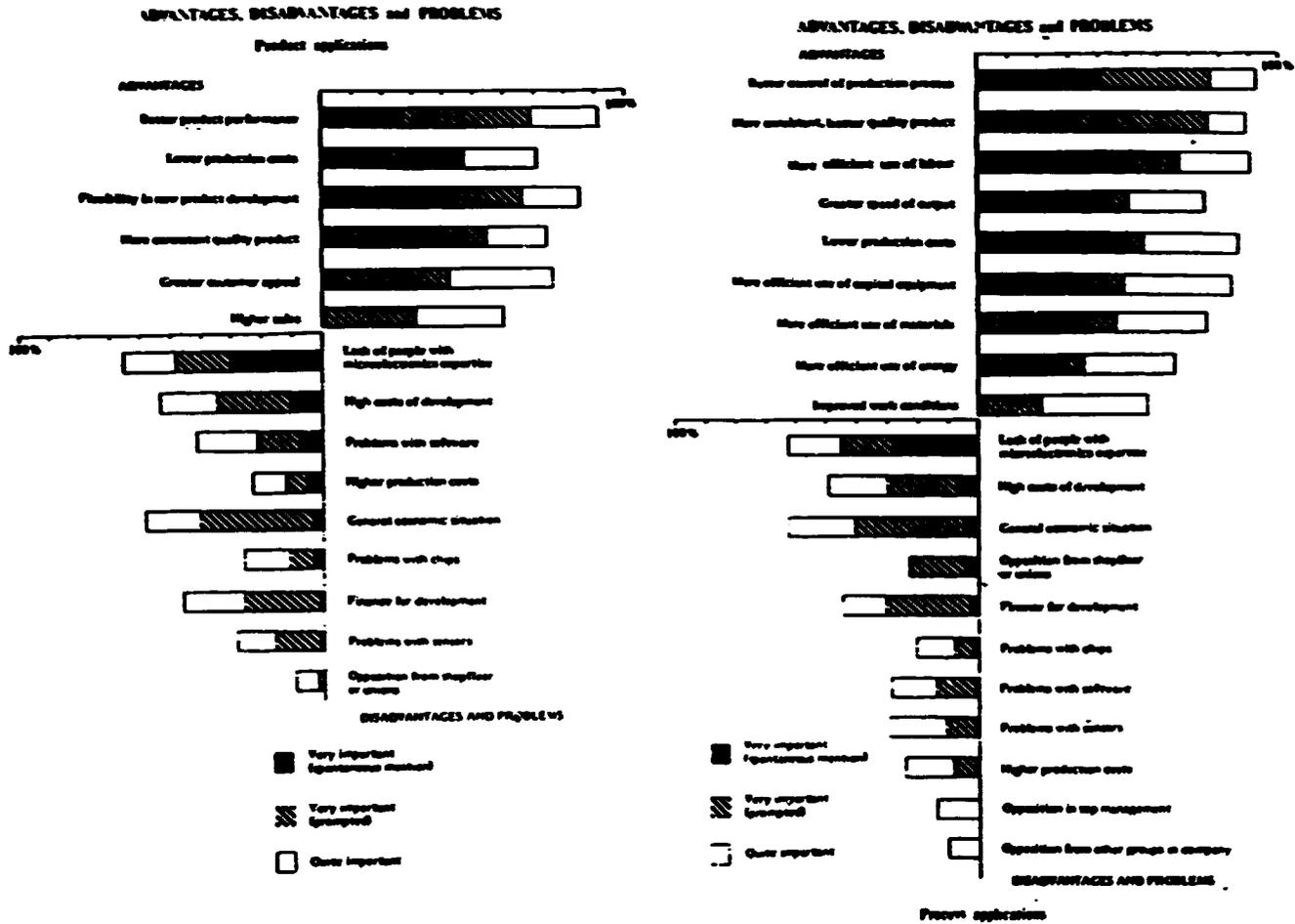
Tableau II-5 : TYPE OF MICRO-ELECTRONICS BASED EQUIPMENT USED : PROCESS USERS (WEIGHTED)

	Percentage of all the manufacturing establishments with process applications			Percentage of all manufacturing establishments		
	Britain	Germany	France	Britain	Germany	France
BASE	16 386	19 083	13 416	37 806	40 181	38 110
TYPE OF EQUIPMENT USED						
CAD work stations	13	17	15	6	8	5
CNC machine tools	23	36	31	10	17	11
PLCs (programmable logic controllers)	29	41	40	13	19	14
Machine controllers	16	27	29	7	13	10
Process controllers	15	17	17	7	8	6
Pick-and-place machines	4	6	13	2	2	6
Robots	2	3	7	1	1	2

Source : NORTHCOTT et alii, 1985.

10. Les tableaux II-6 et II-7 examinent les avantages de l'emploi de la micro-électronique et les désavantages que perçoivent les entreprises enquêtées. Du côté des avantages, vient en tête la maîtrise soit du produit et de son évolution, soit du processus de production. Ensuite, pour le produit interviennent son caractère attractif pour le consommateur, sa qualité et la réduction des coûts. En ce qui concerne les processus, les avantages viennent également des coûts et d'une utilisation plus efficace du travail. En ce qui concerne les désavantages, ou les problèmes, qui peuvent ralentir la diffusion de l'électronique, viennent en tête, pour les produits comme pour les procédés : la situation économique générale et le défaut de personnel ayant un savoir-faire en micro-électronique. La diffusion de la micro-électronique exige donc de développer la formation des hommes et un environnement économique général favorable.

**Tableau I-6 : AVANTAGES, DESAVANTAGES ET PROBLEMES
(POUR LA GRANDE-BRETAGNE SEULE)**



SOURCE : NORTHCOTT (J.), ROGERS (P.), 1982.

**Tableau II-7 : MAIN DISADVANTAGES AND PROBLEMS IN USE OF MICRO-ELECTRONICS
(WEIGHTED)**

percentages of manufacturing establishments rating disadvantage very important

	PRODUCT USERS			PROCESS USERS			ALL USERS		
	Britain	Germany	France	Britain	Germany	France	Britain	Germany	France
	3.707	5.125	2.433	14.007	19.083	13.416	17.714	20.332	14.527
BASE	3.707	5.125	2.433	14.007	19.083	13.416	17.714	20.332	14.527
General economic situation	48	28	23	42	23	16	43	24	17
Lack of people with microelectronic expertise	52	67	37	36	40	29	38	50	29
High costs of development	41	30	19	26	23	19	29	24	19
Lack of finance for development	36	28	19	29	20	18	30	21	17
Higher production costs	14	21	8	16	13	11	15	14	11
Problems with software	24	34	11	12	23	7	14	24	7
Problems with sensors	12	14	2	10	13	4	10	12	4
Difficulties of communications with subcontractors or suppliers	7	11	8	9	13	9	9	13	9
Problems with chips	6	18	5	8	15	3	7	15	3
Opposition from shopfloor or unions	3	18	13	7	12	9	6	11	10
Opposition in top management	3	7	0	5	3	0	4	3	1
Opposition from other groups in company	2	4	1	4	2	2	4	2	2

Source : NORTHCOTT et alii, 1985.

2. Une autre manière de produire

2.1 La mécatronique

11. L'industrie mécanique est fortement renouvelée par l'âge de l'électronique et c'est sa propre évolution qui conditionne le devenir d'ensemble du système industriel. D'une manière industrielle, le passage de la mécanique à la mécatronique se traduit par une modification profonde du "produit" réalisé par cette branche : au lieu d'offrir des machines, elle doit livrer des ateliers, des systèmes de machines. Ce produit-complexe que doit livrer l'industrie mécatronique est un ensemble composé de 4 types d'éléments :

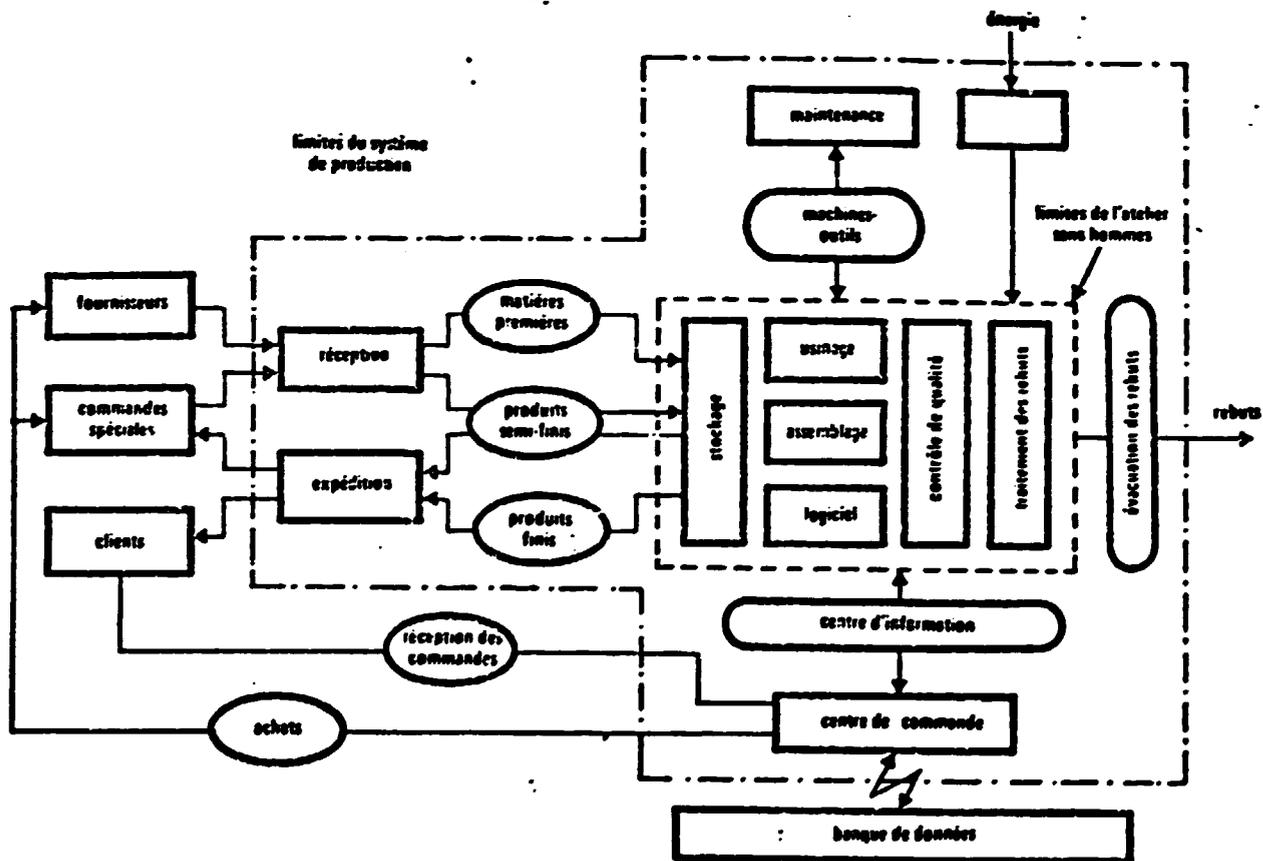
- un système (informatique) de commande, de gestion et de contrôle du tout ;
- un ensemble de centres d'usinage qui sont des machines-outils disposant d'une large gamme d'outils et acceptant de travailler sur des pièces de caractéristiques différentes ;
- un système de convoyage des pièces de l'entrée à la sortie de l'atelier, de centre à centre d'usinage... ;
- un ensemble de manipulateurs assurant le chargement-déchargement, c'est-à-dire l'interface entre le système de convoyage et les centres d'usinage et de stockage entrée-sortie ou intermédiaire.

12. Ce simple énoncé montre à souhait que parler de robotique constitue une réduction caricaturale de la mécatronique. Le robot le plus fréquent, le robot-manipulateur (ou éventuellement soudeur, peintre...) est bien là, mais dans un atelier qui est globalement renouvelé. Dans son numéro d'avril 1984, Datamation souligne : *«A robot is only really useful in a flexible environment»*. Un document de l'O.C.D.E. (1983) précise : *«La disponibilité de robots, de la CAO-FAO, etc., n'implique pas que l'automatisation dans la mécanique discontinue soit facile. Dans ce contexte, les qualifications et le savoir-faire en matière de gestion comptent souvent pour beaucoup et peuvent constituer l'obstacle principal à la diffusion de nouvelles formes d'automatisation (...). La flexibilité, que de nouvelles formes d'automatisation apportent à la fabrication par lots, ne tient pas uniquement aux robots industriels. Le surcroît de flexibilité résulte de l'utilisation croissante des MOCN (Machines-Outils à Commande Numérique), de la capacité d'intégrer des MOCN dans des centres d'usinage, de l'intégration de robots dans des systèmes et de commande numérique directe des systèmes de fabrication»*. Gérard GUILLEMETTE, de la division Robot chez ASEA, indique lui-même : *«The electronics are not very important, but the mechanics are important for the continuous, hard and accurate work a robot has to perform in a factory»*.

13. Souligner ces éléments a pour but d'affirmer le paradoxe (à nouveau) rencontré par l'évolution du système industriel : la rupture dans la continuité. De Joseph WITHWORTH au professeur H. YOSHIKAWA, c'est toujours l'industrie de la fabrication des machines, comme le standard de pas de vis lancé par le Britannique est une

normalisation au même titre que celle que l'AFNOR tente aujourd'hui pour les queues d'outils à conicité 7/24 pour changement automatique d'outils. Mais en dépit de cette histoire, qui ne peut que se construire sur un legs du passé, un saut qualitatif de la production de machines à la production d'ateliers donne la certitude d'entrer dans le futur, ce que notait en 1981 un rapport du Club de Rome : «*The prototype factory of the future is already being designed (...). The entire factory layout and work organization must be redesigned and restructured if maximum benefit is to be obtained from the new systems*». Un japonais, le professeur H. YOSHIKAWA, est considéré par beaucoup comme le maître à penser des ateliers flexibles et des usines sans hommes. On lui doit un schéma souvent reproduit de l'usine du futur et que nous reprenons à notre tour (cf tableau II-8).

Tableau II-8 : UN SCHEMA D'ATELIER FLEXIBLE



— Le professeur H. Yoshikawa de l'Université de Tokyo est le « maître à penser » des ateliers flexibles et des usines sans hommes. Il estime possible de définir au sein d'un centre de production, une zone à très haute automatisation, sans aucune présence humaine. Bien entendu toutes les machines-outils y sont à commande numérique directement par ordinateur; ce sont des machines modulaires, nécessité de flexibilité oblige.

14. Tire-t-on un réel avantage d'efficacité d'une telle organisation? La conceptualisation a priori le démontrait, mais aujourd'hui l'expérience japonaise nous apporte mieux qu'un discours théorique : des exemples concrets montrent une productivité horaire des usines multipliée par quelques unités, une productivité par homme plus que décuplée. L'usine de fabrication de tours et de centre d'usinage (le tout à commande numérique évidemment) que YAMAZAKI a installée à Minokamo, est l'un des plus beaux fleurons de la "Mechatronics Valley" et préfigure les systèmes 21 (pour le XXI^e siècle) de la stratégie japonaise. En ce qui concerne l'atelier flexible de production de tours (FMS 21), la comparaison présentée par cette firme avec un système conventionnel est éloquent (cf tableau II-9).

**Tableau II-9 : LES AVANTAGES D'UN ATELIER FLEXIBLE
(YAMAZAKI, JAPON, 1984)**

	Système 21	Système conventionnel
Surface au sol	6 600 m ²	16 500 m ²
Nombre de Machines-Outils	43	90
Nombre d'opérateurs		
- usine	36	170
- contrôle de la production	3	25
Total	39	195
Délais de fabrication		
Temps d'usinage	3 jours	35 jours
Montage de l'unité	7 jours	11 jours
Montage de l'ensemble	20 jours	42 jours
Total	30 jours	91 jours

15. Au stade présent, la productivité de l'atelier a été multipliée par trois : le cycle total pour obtenir un tour dure 4 semaines au lieu de 12 ; le nombre d'employés étant cinq fois moindre, la productivité par homme est multipliée par quinze. Lorsque la gestion de l'atelier sera optimale, YAMAZAKI pense faire mieux et réduire le temps global de production d'un tour à 7 jours ; les facteurs par lesquels la productivité aura été multipliée seront alors de 12 et de 48 respectivement.

16 Cet exemple concerne la production de machines elle-même. C'est là que se trouve le coeur du système industriel, de la mécatronique, c'est là où le travail à la chaîne et l'organisation scientifique du travail n'avaient pas pu accroître suffisamment la productivité en raison du caractère discontinu du processus de production. Vu les ordres de grandeur concernant la croissance de la productivité, on mesure l'intérêt qu'il y a à maîtriser cet aspect. Au Japon, environ la moitié des ventes de machines-outils est destinée à l'industrie mécanique elle-même, un quart à l'automobile ; on n'y trouve pas, comme aux U.S.A. ou en Europe, le débouché aéronautique. On voit l'entraînement qu'au travers des biens d'équipement et d'un classique de la consommation durable, l'évolution mécatronique va impulser. La montée japonaise ne se limite pas à l'électronique, elle concerne aussi, on le sait, l'automobile, puisque le Japon est devenu le premier producteur mondial ; elle touche également cette mécatronique elle-même.

2.2. Les réseaux locaux industriels et la logistique

17. Deux problèmes de communication concernant la mécatronique méritent une attention particulière. Le premier est lié à la multiplication des équipements intelligents, dont l'usage le plus rationnel exige qu'ils communiquent entre eux : c'est le rôle des réseaux locaux industriels. Le second tient à utiliser la flexibilité accrue de l'outil de production pour rationaliser les entrées, et la production, en fonction des sorties nécessaires pour satisfaire la demande, voilà le problème que doit régler la logistique.

18. La nécessité de faire communiquer les machines intelligentes a abouti à la naissance du projet MAP (Manufacturing Automation Protocols) lancé par General Motors. Cette firme cherche, pour enrayer ce qui lui apparaît un déclin inéluctable compte tenu de son écart de productivité par rapport aux constructeurs japonais (2 000 dollars de coûts plus élevé par véhicule), de faire un effort gigantesque qui passe par son électronisation. A la fin des années soixante-dix, elle utilisait déjà 20 000 automates programmables, 2 000 robots et 40 000 dispositifs intelligents alors que seulement 12 % pouvaient communiquer entre eux. Puisqu'elle veut s'équiper en multipliant par cinq au moins tous ses équipements électroniques, il s'agit de faire en sorte qu'ils puissent dialoguer pour qu'ils soient utilisés de la manière la plus rationnelle possible. La taille de ce client de l'industrie électronique est telle qu'elle lui a permis de lancer un processus de normalisation auquel se sont associés des groupes d'utilisateurs. Lancé en 1980, MAP a vu ses versions successives devenir de plus en plus précise ; dès 1986, le MAP user's groupe comptait aux Etats-Unis plus de 1 500 adhérents parmi lesquels les plus grandes firmes américaines, les européens créaient eux-mêmes un groupe, "EMUG" (European Map users' Group) où se sont réunis très rapidement les plus grandes firmes européennes (200 environ) et les japonais tout de même. A la fin de 1987, à Détroit, a eu lieu une démonstration d'inter-opérabilité de machines avec la version MAPS 3.0 (cf chapitre V).

19. MAP est une réalité extrêmement importante puisqu'elle installe une normalisation internationale d'architecture de la communication entre machines industrielles pour la coopération entre les utilisateurs et les constructeurs. C'est un phénomène entièrement nouveau dont l'une des implications est évidemment de faciliter le développement des réseaux locaux industriels.

20. On parle d'automatisation des activités de production depuis un quart de siècle environ, et celle-ci s'est effectivement généralisée avec la multiplication des automates programmables. L'automate programmable est en général livré avec la machine de production et ceci dans toutes sortes d'industries. Il a pris sa place dans les industries manufacturières mais aussi dans toutes les industries à grands procédés continus ou discontinus. De la petite à la grande entreprise, il réalise le plus souvent les traitements de la partie commande des machines. Il réalise des automatismes séquentiels numériques, des régulations, mais il cotoie de régulateurs spécialisés, des commandes numériques avec leur propre commande (qui peut être un automate), des robots avec leur propre commande, des micro-calculateurs et aussi des gestions de production assistée par ordinateur (GPAO), des conceptions assistées par ordinateur (CAO), des tests automatiques... D'une certaine manière, s'est développée une automatisation en îlots.

21. La gestion de la production exige en quelque sorte d'imaginer à tout moment ce que fait chacun de ces automates, programmés certes de telle sorte que tout fonctionne harmonieusement, mais dès qu'un problème se pose en un endroit quelconque, les délais d'information de tous les points concernés à plus ou moins brève échéance sont longs, le temps nécessaire à la conception des décisions à prendre pour que tout retrouve une cohérence, encore plus long. Bref, la supervision et le contrôle de la production sont des tâches redoutables qui ont donné lieu à de multiples techniques de fiches à remplir, à faire circuler, etc.

22. Sans discuter des principes ou des objectifs (les cinq zéros par exemple du just in time ou kanban japonais), il faut souligner qu'il est évident que la mise en place d'un réseau de communication en temps réel entre tous les automates programmables existants rend possible la conception d'une conduite centralisée, avec supervision et gestion rationnelle de l'ensemble des tâches. Peuvent y être affectés des moyens logiciels de conception assistée par ordinateurs, de gestion de la production par ordinateurs. Cela exige bien l'intercommunicabilité effective, et même l'inter-opérabilité. Cela nécessite en outre qu'il n'existe pas d'îlots non automatisés et que l'on multiplie les capteurs et actionneurs de divers types afin que le système de contrôle industriel soit effectivement parfaitement informé et puisse faire exécuter un nombre suffisant d'opérations. Le réseau local industriel permet également de manière automatique à des automates locaux de prendre des décisions en fonction d'informations saisies par les capteurs plus ou moins éloignés, sans que le système de contrôle ne fasse rien de plus que de vérifier si l'automate s'exécute correctement. Le contrôle industriel n'empêche pas évidemment le fonctionnement de sous-systèmes.

23. La logistique vient par ailleurs s'efforcer de relier la gestion de la production dans l'entreprise avec son environnement : ses fournisseurs et ses clients. La souplesse de la gestion de la production permet, par des réseaux locaux, de tenir compte d'informations pour les produits à livrer et sur les produits à recevoir pour optimiser leur circulation et éliminer les temps morts. On peut citer à titre d'exemple une grande entreprise française de fabrication de chaussures (ERAM), elle reçoit dans ses usines, tous les soirs, une information précise sur toutes les ventes de modèles, et les tailles et peut gérer non seulement les réapprovisionnements de ses magasins, les affectations des courriers et de trajets, mais également ses plans de production et d'approvisionnement en demi-produits, accessoires, emballages, etc. De l'automobile à la chaussure, comme de l'électronique à l'acier, c'est bien une autre manière de produire qui s'installe avec l'âge de l'électronique.

3. Une appréciation critique du dilemme emploi-productivité

24. Depuis qu'une situation de chômage relativement important s'est généralisée dans les pays industrialisés au début des années soixante-dix, un nombre considérable de publications -plus d'un millier rien qu'en langue française et en langue anglaise- se sont interrogées sur la relation pouvant exister entre l'évolution "technologique" qui accroît la productivité et le niveau de l'emploi. Aucune démonstration implacable n'a pu résoudre les oppositions et permettre des précisions. A long terme, tout le monde ou presque veut bien accepter que l'histoire montre que le progrès technique s'est accompagné d'une croissance des emplois et que rien ne permet de douter que cela aurait changé. A court terme, un très grand nombre d'experts continuent de considérer que le progrès technique fait disparaître des emplois. De nombreuses analyses récentes, telle que celle de R. KAPLINSKY (1987), montre pourtant que les pertes d'emploi suite à l'introduction de la micro-électronique sont, dans le pire des cas, faibles. Cela revient à dire, pour les pays industrialisés, que tous les emplois qui ont été perdus l'ont été pour bien d'autres raisons et dans les pays du Tiers-Monde et que tous les emplois qui n'ont pas encore été créés dans l'industrie sont plutôt le fait, en réalité, d'un retard de progrès technique.

25. L'étude de NORTHCOTT et alii (1985), que nous avons utilisée plus haut (point 1.1), présente également une enquête concernant l'effet sur l'emploi de l'introduction de la micro-électronique dont les résultats sont présentés dans le tableau II-10. On y remarque ici également un effet global légèrement négatif (chute comprise entre 0,5 % et 0,8 % en deux ans selon les pays). Cet effet résulte de mouvements en sens contraire non négligeables, ce qui situe manifestement les problèmes ponctuels ailleurs que sur une liaison étroite entre emploi et utilisation de l'électronique.

Tableau II-10 : CHANGES IN EMPLOYMENT DUE TO USE OF MICRO-ELECTRONICS (AVERAGES AND TOTALS IN PAST TWO YEARS) : ALL USERS

	percentages and numbers of jobs						
	Sample establishments			All manufacturing establishments (weighted)			
	Britain	Germany	France	Britain	Germany	France	
BASE		776	943	726	17.714	20.232	14.527
PERCENTAGE OF ALL USER ESTABLISHMENTS WITH:							
Increase in jobs	%	8	10	6	8	9	6
No change in jobs	%	64	69	71	60	74	75
Decrease in jobs	%	20	19	11	17	15	10
DK/NA	%	7	2	12	6	2	9
AVERAGE CHANGE IN NUMBER OF JOBS:							
In establishments with increases	no.	-23	-19	-30	-13	-11	-12
In establishments with decreases	no.	-34	-35	-30	-17	-19	-15
In all establishments	no.	-5	-3	-3	-2	-1	-1
TOTAL PERCENTAGE CHANGE IN JOBS:							
In establishments with increases	%	-3.9	-	-	-5.6	-4.4	-0.8
In establishments with decreases	%	-3.8	-	-	-5.1	-4.6	-0.5
In all establishments	%	-0.7	-	-	-0.8	-0.6	-0.5
TOTAL CHANGE IN NUMBER OF JOBS:							
In establishments with increases	'000	-	-	-	-20	-17	-13
In establishments with decreases	'000	-	-	-	-54	-47	-25
In all establishments	'000	-	-	-	-34	-30	-12

Source : NORTHCOTT et alii (1985).

26. Suivant la manière fréquente de présenter le dilemme productivité-emploi, on ne peut, quels que soient les résultats d'enquêtes ou les raisonnements menés, que conclure à la perte d'emploi. En effet, il est le plus souvent question d'étudier l'impact sur l'emploi de la micro-électronique, ceci dans un contexte de croissance ralentie et de chômage. On désigne alors a priori le bouc émissaire, le coupable : la machine qui prend le travail de l'homme. Le changement technique prend un caractère implacable et l'entrepreneur pour le moins rationalisateur -et l'on cite mille et un exemples- remplace les ouvriers par des robots.

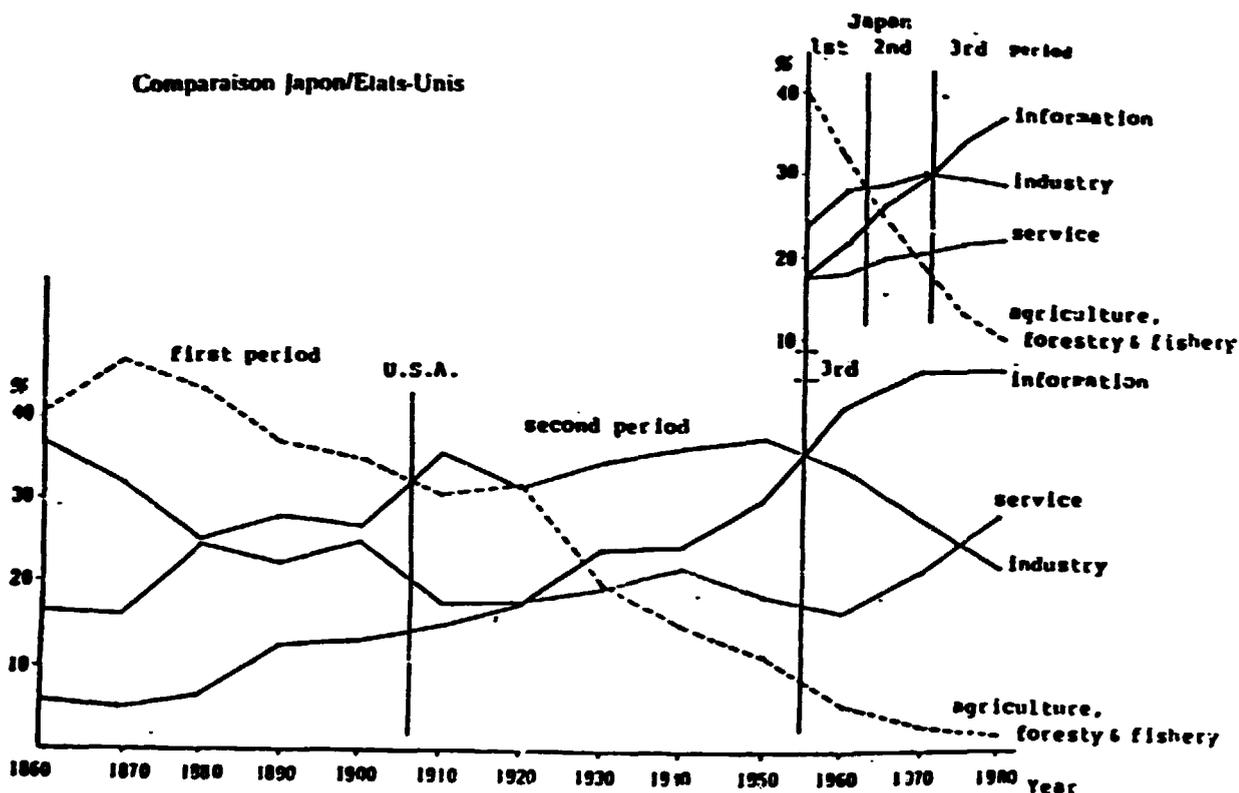
27. Si l'on se place d'un point de vue micro-économique, l'affaire est entendue. Dans un atelier où il y avait 100 hommes, le progrès technique qui insère l'automatisation n'a pas d'autre raison d'être que de permettre, disons par exemple à 50 hommes, n'effectuant pas les mêmes opérations qu'auparavant et devant faire preuve d'autres

qualités, d'obtenir à l'aide des nouvelles machines une production au moins égale à celle du passé. Si cet atelier n'est pas capable d'écouler sur le marché deux fois plus de produits, l'entreprise en question ne prendra pas la décision d'ouvrir un deuxième atelier. Plus généralement, dans un contexte de croissance faible, le progrès technique pose, au niveau micro-économique, des problèmes d'emploi.

28. Toutefois, il est peu vraisemblable que les salaires versés aux employés soient multipliés par deux. Le chiffre d'affaires de l'entreprise étant inchangé, il va bien être utilisé à quelque chose. Les salaires non payés par cette entreprise sont cependant remis dans le circuit économique d'une manière ou d'une autre, et peuvent servir quelques part ailleurs pour offrir des emplois et à verser des salaires. C'est-à-dire que le problème de l'emploi est aussi un problème macro-économique.

29. A ce propos, il faut ajouter en outre que le long terme a déjà été celui du déclin des emplois dans l'agriculture et qu'il est plus récemment du déclin de l'emploi dans l'industrie au profit des services. Le tableau II-11 nous montre comment cette évolution s'est faite suivant des rythmes différents aux Etats-Unis et au Japon. L'évolution technico-industrielle accroît la productivité de l'industrie et des services et donc le potentiel global de production s'élève. Tant que les besoins ne sont pas saturés, cette production peut s'élever. En fait, l'organisation passée du travail et les moyens techniques dont on disposait rendent difficile la croissance de la production. Le passage à l'âge de la micro-électronique fait sauter ce verrou : il ne provoque pas le chômage, il apporte les moyens techniques d'accroître la productivité et donc la production. Cependant, il faut organiser au niveau macro-économique l'utilisation de ces nouveaux moyens techniques pour qu'ils permettent effectivement de réduire le chômage. A l'heure de l'insertion mondiale des économies, cette réorganisation ne peut d'ailleurs se penser dans des contextes exclusivement nationaux mais au contraire résulter d'une concertation internationale. Pour ce qui est strictement de notre objet, on retiendra que ce n'est pas l'électronique qui engendre le chômage mais qu'elle augmente au contraire le potentiel d'emploi.

Tableau II-11 : EVOLUTION DE LA STRUCTURE SECTORIELLE DES EMPLOIS



Source : Seisuke KOMATSUZAKI, Research Institute of Telecommunications and Economics (RITE), "Approches japonaises de l'économie et de l'industrie informationnelles", bulletin de FIDATE, n° 16, juillet 1984, p. 31-49, p. 44.

4. Une liste incomplète d'activités modernisées

4.1. L'acier

30. P. JUDET (1985, p. 18) affirme qu'aucune industrie sidérurgique ne peut échapper à l'entrée dans l'informatique, ce qui pose des problèmes principalement de personnel. Face aux possibilités techniques très larges qu'apporte l'informatique, il faut pour les saisir, non seulement disposer d'un personnel spécialisé, mais surtout que l'ensemble du personnel puisse s'insérer dans les réseaux qui sont alors mis en place.

31. Toutes les aciéries du monde doivent en effet aujourd'hui s'équiper en systèmes informatiques, c'est-à-dire d'un réseau local industriel avec des ordinateurs centraux de gestion extrêmement puissants. Les calculateurs de procédés fonctionnent avec des codes lents dans les mêmes langages pour qu'ils soient communicants et le contrôle industriel s'articule au contrôle de gestion. Les aciéries japonaises sont jusqu'à présent les

plus informatisées au monde, toutefois le plupart des sidérurgies des pays industrialisés ont déjà bien avancé leur propre processus d'informatisation.

4.2. La chimie

32. Cela fait déjà bien longtemps que les processus continus en chimie sont centralisés grâce à des systèmes informatiques. La modernisation, en ce sens, est donc quelque chose de très ancien, mais la liaison avec l'électronique passe aussi par l'avenir car la chimie trouve dans cette industrie un client dont la demande est extrêmement dynamique : les matériaux pour circuits intégrés, fibres optiques, différentes sortes de plastiques, différents films. La chimie de spécialité devrait trouver à vendre pour 15 milliards de \$ à l'électronique en 1990 (J.L. ALEXANDRE et K. BLUNDEN, 1986, p. 61).

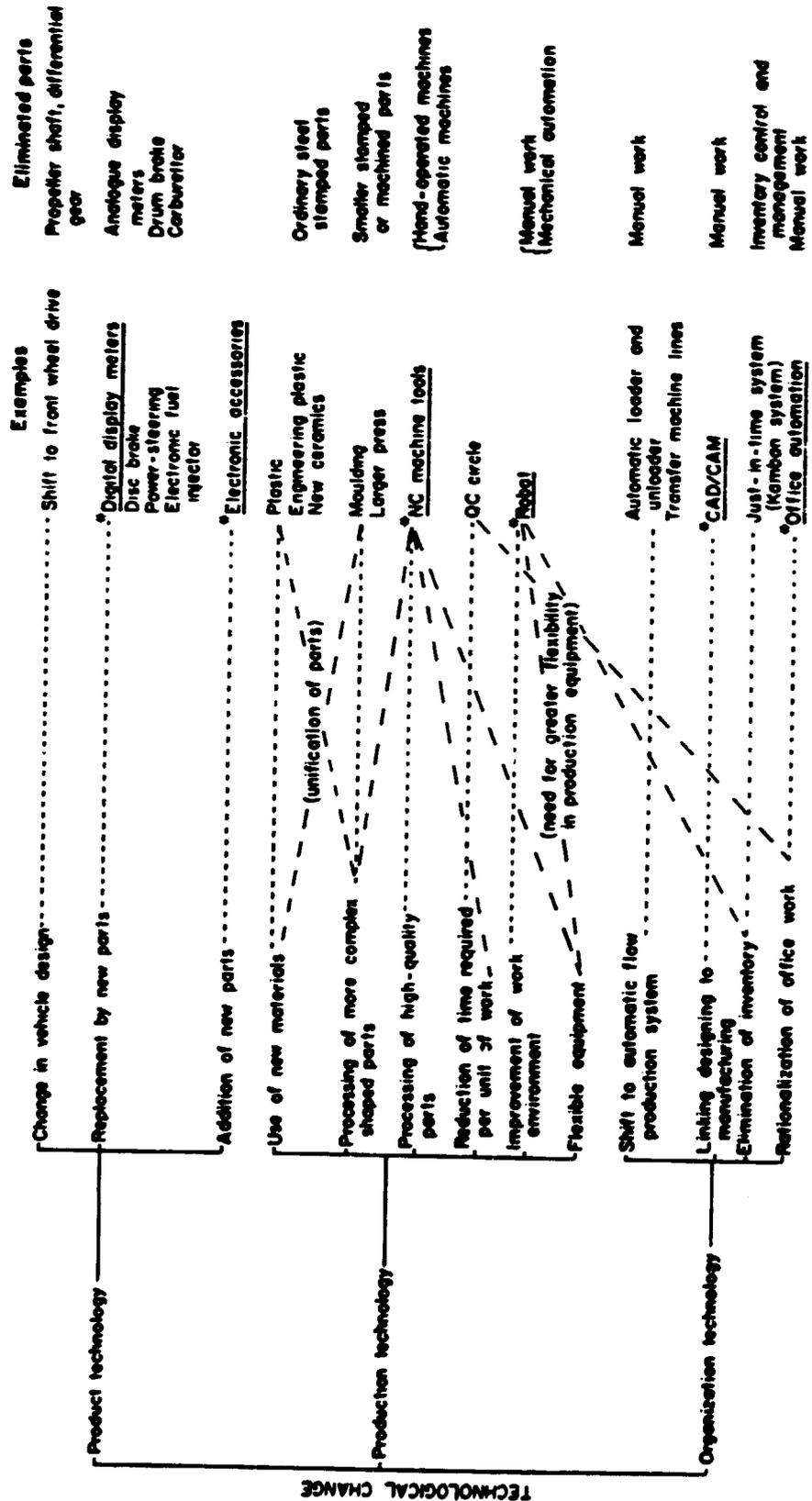
4.3. Le pétrole

33. Dans l'industrie pétrolière, pratiquement tous les segments d'activité sont aujourd'hui réalisés avec le support de l'électronique. De la recherche au raffinage, de la gestion à la distribution, et même jusqu'à la pompe avec utilisation des cartes de crédit à piste magnétique ou à puce. La réduction des coûts dans l'exploitation offshore en Mer du Nord (Revue NOROIL, octobre 1985), ou celle du raffinage par l'automatisation globale depuis la fin des années soixante-dix, et peut-être bientôt celle des centres de distribution, fait du pétrole une des industries les plus informatisées.

4.4. L'automobile

34. L'industrie automobile a bénéficié depuis longtemps de toutes les techniques d'automatisation et de tous les développements concernant les machines. Elle abrite souvent parmi ses constructeurs des constructeurs de machines-outils. C'est dans l'automobile qu'ont d'abord fleuri les robots et qu'ont été mis en fonctionnement les premiers ateliers flexibles. C'est là, on l'a rappelé tout à l'heure, qu'est né, chez General Motors, le concept MAP. L'évolution technologique se poursuit, y compris dans l'industrie automobile japonaise qui est pourtant déjà la plus moderne du monde. Le tableau II-12, emprunté à S. WATANABE (1987, p. 49), nous indique quelles sont les évolutions. On remarque en particulier que l'électronique envahit les procédés de production et la gestion mais aussi le produit lui-même. Selon Electronic Business (august 15, 1986), un véhicule moyen pourrait comporter environ 1 400 dollars d'électronique en 1990 et encore ne s'agit-il pas d'une véritable voiture intelligente comme le sont les modèles de luxe que l'on commence à distribuer.

Tableau II-12 : CHANGEMENTS TECHNOLOGIQUES RECENTS DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE JAPONAISE



4.5. Le textile et l'habillement

35. Les industries du textile et de l'habillement seraient en train de devenir des industries intensives en connaissance selon la plupart des experts de cette industrie (par exemple L. MYTELKA, C. DERVELOY, 1986). La conception et la fabrication des produits sont réalisés à l'aide de l'informatique, tandis que la gestion et la distribution sont elles aussi transformées par l'emploi des ressources de l'électronique. Citons à titre d'illustration quelque chose d'important pour l'industrie mais qui, par ailleurs, peut apparaître banal : l'automatisation de l'inspection des tissus. Des systèmes très coûteux (2 à 3 millions de francs) fonctionnant avec des lasers inspectent et vérifient la qualité du tissu à une vitesse considérable : 250 mètres à la minute sur toute la largeur ! Dans l'habillement, ce qui est plus connu c'est évidemment le système informatisé de gradation et de patronnage (LECTRA en France) qui permette des gains de tissu, de temps et de main-d'oeuvre considérables. Le textile fait partie de ces activités traditionnelles profondément transformées par l'électronique.

4.6. L'agriculture

36. L'agriculture en revanche est encore peu touchée par ce mouvement. Elle commence cependant à l'être, dans les pays industrialisés, dans le domaine de la gestion de l'exploitation non seulement comptable, mais avec des logiciels de suivi de production et même des systèmes experts de diagnostic de maladies animales ou végétales. Dans les pays à main-d'oeuvre agricole rare, on voit même apparaître des robots cueilleurs de fruits (Sciences et Techniques, n° 26, mai 1986). Dans le cadre des recherches communes en Europe, le système EUREKA comporte un projet anglo-hollandais de système de gestion de céréales pour les fermes. En France, plusieurs systèmes experts de diagnostic des maladies peuvent être consultés via le vidéotex français et le Minitel (terminal distribué gratuitement à tous les abonnés du téléphone) et environ dix mille agriculteurs disposent d'un micro-ordinateurs, tandis que quarante mille partagent les ressources d'un centre commun informatisé. L'ordinateur est entré à la ferme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
(dans l'ordre où elles sont citées)

- NORTHCOTT J. et alii *"Microelectronics in industry. An international comparison : Britain, Germany, France"*
(1985) P.S.I., AGF, January 1985, 104 pages.
- NORTHCOTT J., ROGERS P. *"Microelectronics in industry: what's happening in Britain"*
(1982) P.S.I., March 1982, 128 pages.
- O.C.D.E. *"Robots industriel - Leur rôle dans l'industrie manufacturière"*
(1983) O.C.D.E., Paris, 1983, 247 pages.
- KAPLINSKY R. *"Microelectronics and employment revisited - A review"*
(1987) ILO, Genève, 1987, 181 pages.
- JUDET P. *"The world crisis of the iron and steel industry and its impact in the development of this industry in developing countries"*
(1985) UNIDO, ID/WG/458.3, 21 nov. 1985, 56 pages.
- ALEXANDRE J.C., BLUNDEN K. *"La chimie, une industrie multinationale"*
(1986) Rapport du groupe de travail "Chimie", Commission prospective des échanges internationaux, août 1986, Commissariat Général du Plan, Paris, 80 pages.
- WATANABE S. (ed) *"Microelectronics, automation and employment in the automobile industry"*
(1987) Wiley, ILO, Chichester, 1987, 203 pages.
- DERVELOY C., MYTELKA L. *"L'enjeu du textile français, le marché mondial"*
(1986) Rapport au Commissariat Général du Plan, Paris, octobre 1986, 166 pages.

CHAPITRE III

EVALUATION DES STRATEGIES DES FIRMES ET DES PERFORMANCES NATIONALES

1 - Les firmes : le bouillonnement

1.1. Une dimension planétaire

1.1.1 Stratégie : une vision mondiale

1. La compétition sur les marchés de l'électronique a radicalement changé d'intensité depuis le milieu des années 70. Le contexte macroéconomique constitue sans doute un des déterminants de ce changement, et les politiques budgétaires et fiscales ont eu un rôle dans les résultats contrastés des "champions" nationaux aux Etats-Unis, au Japon ou en Europe. *La mondialisation des activités constitue justement une réponse aux variations erratiques des conjonctures nationales dont l'interdépendance n'est pas encore complètement achevée.* Face à des coûts du capital différenciés et à des goûts des consommateurs indifférenciés, les compagnies recherchent la flexibilité du marché et l'extension de leurs débouchés. La délocalisation devient une stratégie privilégiée, avec les accords, pour satisfaire à ces objectifs.

2. Toutefois, la délocalisation ne peut plus prendre la forme de la filiale relais, sorte de comptoir, chargé de diffuser les produits du groupe. Les compagnies doivent devenir de véritables complexes industriels et développer des divisions autonomes dans les grandes zones géographiques de l'Europe, du Japon et des Etats-Unis. Avec l'émergence de ces complexes oligopolistiques au sein de la Triade (K. OHMAE, 1985), de nombreuses entreprises de petite taille risquent de disparaître. *Contrairement à la période 1975-1985 pendant laquelle on a assisté à un bouillonnement en matière de création d'entreprises, les dix années à venir vont se présenter comme des années de consolidation* (R. CONRADS, 1986, p. 162). En effet, de nombreux segments de marché sont arrivés prématurément à maturité. Trop de concurrents avec des capacités de production excédentaires ont engagé des guerres de prix et provoqué une segmentation toujours plus poussée du marché. Ainsi, les firmes de la grande informatique concurrentes d'I.B.M., le B.U.N.C.H. (Burroughs, Univac, N.C.R., C.D.C., Honeywell) sont écrasées entre la firme dominante (I.B.M.), les concurrentes japonaises (NEC et FUJITSU) et de nouvelles sociétés comme Sun Microsystems, Prime Computer ou Stratus Computer. Elles ont dû se regrouper -UNIVAC et BURROUGHS fusionnent en UNISYS-, changer de segments de marché -N.C.R. abandonnent progressivement l'informatique universelle- ou abandonner l'informatique comme Honeywell.

3. Avec la convergence des structures de marché vers l'oligopole, les économies d'échelles et de gamme deviennent prépondérantes dans chaque domaine d'activité depuis le développement jusqu'à la commercialisation en passant par la production. Même le logiciel est soumis à cette logique de recherche d'une taille optimale dont

l'échelle est croissante. Par conséquent, alors que le capital risque finançait jusqu'à présent des créations d'entreprises sur la base d'une idée nouvelle, les années 90 pourraient être celles où les grandes compagnies seront les mieux à même de gérer l'innovation et le rythme de développement des produits.

4. La recherche d'une taille minimale optimale contribue à l'explosion du nombre des accords, alliances et fusions entre firmes de même nationalité ou de nationalités différentes. Beaucoup de ces accords ont pour objectif de partager les produits ou les composants fabriqués à grande échelle dans l'atelier de l'un des deux partenaires ; d'autres s'accordent pour développer de nouveaux procédés et produits ou pour partager un réseau de commercialisation. Toutefois, la multiplication des accords ne signifie pas qu'ils seront tous tenus et un grand nombre d'entre eux sont résiliés pour avoir été administrés de façon incorrecte. Pour se maintenir, les alliances doivent bénéficier d'une structure adéquate et une gestion particulière. Par conséquent, une compagnie ne peut pas envisager de les multiplier et il est probable que le vaste mouvement, auquel nous assistons aujourd'hui, ralentisse progressivement (R. CONRADS, 1985, p. 163).

5. Outre les accords, la 'délocalisation peut également trouver ses propres limites dans les problèmes d'organisation de l'entreprise. *Le démembrement de leurs processus productifs par les firmes transnationales nord-américaines satisfaisait au modèle de CLEE, c'est-à-dire la recherche des avantages liés au faible coût de la main-d'oeuvre et la vente sur les marchés attrayants. Mais ce modèle est périmé* du fait de la mécatronique et du protectionnisme manifeste des grands pays industriels (K. OHMAE, 1985, p. 67-68). En outre, les groupes japonais, insérés dans un réseau territorial de sous-traitants filialisés ou non, rencontrent beaucoup de difficultés à segmenter leurs processus productifs. Les deux modèles (CLEEE et japonais) s'excluent mutuellement alors que les groupes européens tentent d'établir des grandes unités de production automatisées, intégrées verticalement et implantées à proximité du marché national.

6. A ces facteurs d'incertitude, il convient d'ajouter le coût croissant des activités de R-D ou si l'on préfère la stagnation/décroissance de la productivité de la recherche. Cette situation rend, du même coup, de plus en plus risqués les paris technologiques

qui exigent des capitaux croissants (cf. chap. I). Voilà qui contribue à donner un avantage aux grands groupes ; ceux-ci semblent seuls capables de financer, lancer et supporter le développement d'un produit-système comme un ordinateur universel ou un commutateur numérique. *Ne pouvant eux-mêmes tout développer intra-muros, les groupes recherchent, dans les filiales communes ou en rachetant des petites sociétés, à disposer de toutes les pièces du puzzle.* Enfin, le coût croissant de la R-D explique la frénésie qui entoure son appropriation et le durcissement des procédures engagées contre les concurrents.

7. Avec la consolidation de leurs positions sur les marchés de la Triade, les firmes de l'industrie électronique sont confrontées à des facteurs d'incertitude insoupçonnés. Les perspectives technologiques, la stabilité des accords, les cadres juridiques propres à chaque nation ajoutent à l'incertitude provoquée par les variations de taux de change ou les hausses de taux d'intérêt. Avec la montée de l'incertitude et la nécessité de réagir très rapidement, les firmes sont amenées à rechercher dans la flexibilité de l'organisation et de la production la marge de manoeuvre qu'elles ont perdue par ailleurs. Cela engage une révision de la culture d'entreprise.

1.1.2 Structure : un oligopole mondial

8. La tendance actuelle de l'industrie électronique est à la concentration internationale et donc à la concentration mondiale et donc à la domination croissante de grands groupes industriels. Aujourd'hui, l'électronique est déjà une industrie forte et concentrée, si le chiffre d'affaires a été de 528 milliards de \$ en 1986, il a été réalisé pour la moitié par les 20 premiers groupes (tableau 3-1).

9. Les 20 premières firmes peuvent être considérées comme les firmes leaders de l'industrie électronique, leurs orientations détermineront l'évolution globale de la branche. Parmi ces 20 groupes, on trouve 9 firmes américaines (I.B.M., A.T.T., General Motors, G.E.-R.C.A., Xerox, Unisys, Digital Equipment, Hewlett-Packard, Motorola), 7 firmes japonaises (Matsushita, N.E.C., Hitachi, Fujitsu, Toshiba, Sony, Sanyo) et 4 firmes européennes (Philips, Siemens, C.G.E., Thomson).

10. Le marché se caractérise par une structuration nationale encore fortement marquée. En règle générale, le marché du pays d'origine demeure le premier débouché des participants actuels de l'industrie. *Les modes d'organisation et de fonctionnement de ces marchés conservent spécificités propres qui influent sur l'activité des firmes.* Les grands participants de l'industrie électronique dans le monde forment donc aujourd'hui un ensemble relativement différencié.

11. La structure de la production demeure encore très contrastée selon les grandes zones mondiales de production ainsi qu'en témoigne le tableau 3-2. On constate une relative similitude des structures américaines et européennes.

Tableau 3-1

C.A. ELECTRONIQUE RESUME EN MS 1986

RG	FIRMES	PAYS	CA ELEC.	% TGT	% CUM	% LEADER
1	IBM	USA	51200	10	10	100
2	MATSUSHITA	JAP	19400	4	13	38
3	PHILIPS	P-B	16500	3	17	32
4	ATT	USA	15000	3	19	29
5	GENERAL MOTORS	USA	14900	3	22	29
6	NEC (SUMITOMO)	JAP	14800	3	25	29
7	GE-RCA	USA	13000	2	27	25
7	SIEMENS	FRA	13000	2	30	25
9	HITACHI	JAP	12600	2	32	25
10	FUJITSU	JAP	12400	2	35	24
11	TOSHIBA (GE)	JAP	10000	2	37	20
12	XEROX	USA	9400	2	38	19
13	CGE (1)	FRA	9200	2	40	18
14	UNISYS (1)	USA	8800	2	42	17
15	DIGITAL EQUIPMENT	USA	8400	2	43	16
16	SONY	JAP	7700	1	45	15
17	THOMSON	FRA	7300	1	46	14
18	HEWLETT-PACKARD	USA	7100	1	48	14
19	MOTOROLA	USA	5800	1	49	11
19	SANYO FISHER	JAP	5800	1	50	11
21	GEC	G-B	5300	1	51	10
22	BOSCH	FRA	4900	1	52	10
22	MITSUBISHI ELECTRIC	JAP	4900	1	53	10
24	OLIVETTI	ITA	4800	1	53	9
25	TEXAS INSTRUMENTS	USA	4700	1	54	9
26	BULL (1)	FRA	4500	1	55	9
26	ROCKWELL	USA	4500	1	56	9
28	ERICSSON	SUE	4400	1	57	9
28	NORTHERN TELECOM	CAN	4400	1	58	9
30	NCR	USA	4350	1	59	8
31	RAYTHEON	USA	4300	1	59	8
32	HONEYWELL (1)	USA	4200	1	60	8
33	SHARP	JAP	4000	1	61	8
34	CANON	JAP	3700	1	62	7
35	SEIKO	JAP	3600	1	62	7
35	TRW	USA	3600	1	63	7
37	RICOH	JAP	3500	1	64	7
38	CONTROL DATA	USA	3400	1	64	7
39	WESTINGHOUSE	USA	3100	1	65	6
40	FORD	USA	3000	1	65	6
41	IRI	ITA	2800	1	66	5
41	LITTON	USA	2800	1	67	5
41	LOCKHEED (1)	USA	2800	1	67	5
44	3M	USA	2700	1	68	5
45	STC (ITT)	G-B	2670	1	68	5
45	WANG	USA	2570	1	69	5
47	MARTIN-MARIETTA	USA	2560	1	69	5
48	THORN-EMI	G-B	2440	0	70	5
49	MC DONNELL DOUGLAS	USA	2300	0	70	4
49	OKI	JAP	2300	0	70	4
	TOTAL		371590	70		726

Tableau 3-2 : Structure de la production par grandes zones en 1985 (%)

	Etats-Unis	Europe	Asie
Biens d'équipement	73,8	73,5	38,8
Composants	22,8	17,6	33,5
Biens de consommation	3,4	8,9	27,7

Source : Panorama de l'industrie électronique mondiale, E.I.C., 1987.

12. L'organisation industrielle de chacune de ces zones reste très typée. De manière schématique, les constructeurs américains sont plus étroitement spécialisés que leurs homologues étrangers. Ils réalisent une part importante de leur chiffre d'affaires dans un nombre limité de secteurs. A l'opposé, les groupes japonais se caractérisent par une très grande diversité de leurs activités. Entre les deux, l'Europe comporte des firmes spécialisées comme Bull ou Nixdorf dans l'informatique et des sociétés fortement diversifiées comme C.G.E. et Siemens.

13. Bien que les produits électroniques soient maintenant de plus en plus homogènes sur l'ensemble des marchés mondiaux, il apparaît que les principaux producteurs ne constituent pas une catégorie indifférenciée. Les différences dans les structures industrielles nationales ont orienté les formes de la division internationale du travail et donc la spécialisation des firmes à l'échelle mondiale. *L'ouverture des marchés sur l'extérieur s'est en effet effectuée à partir des capacités compétitives des groupes, elles-mêmes fondées sur les avantages spécifiques fournis par leurs environnements domestiques de départ.* Les groupes japonais trouvent leurs forces dans la rapidité de diffusion des nouveaux produits grand public et dans la recherche de la qualité dans les opérations de production. Les firmes américaines s'appuient sur le niveau élevé de développement de leur marché intérieur, base d'émergence d'innovations. Les firmes japonaises occupent ainsi des parts de marché importantes dans le segment de l'électronique grand public et dans certaines domaines des semi-conducteurs tel le D.R.A.M. de 64K et 256K. Les fournisseurs américains quant à eux dominent la production des équipements informatiques.

14. Par ailleurs, les stratégies d'internationalisation des groupes de l'électronique tiennent compte de leurs spécificités nationales. On peut ainsi remarquer que les firmes américaines ont choisi de se développer à l'échelle internationale par le biais de la création de filiales à l'étranger, sur les lieux de commercialisation tout d'abord, à la recherche de coûts salariaux avantageux ensuite. L'Europe est ainsi fortement pénétrée par les investissements américains et le rapprochement de sa structure industrielle de celle des Etats-Unis s'en est trouvé accéléré. Les grandes firmes japonaises, pour leur part, ayant fondé leur compétitivité sur une capacité domestique de production de haut niveau de qualité de produits standards, se sont trouvées contraintes d'exporter les produits plutôt que les techniques de fabrication. Leur

pénétration des marchés mondiaux remonte des biens de consommation qui ne demandent pas une forte implantation en termes de réseau de services à la clientèle, aux composants élémentaires, avant d'en venir aux produits à plus forte valeur ajoutée. Pour commercialiser leur production, les firmes japonaises ont souvent opéré des stratégies d'alliance avec des firmes européennes ou américaines mais récemment avec l'appréciation du yen par rapport au dollar et aux monnaies européennes, les implantations de filiales dans ces régions se sont accélérées. Les groupes européens, pris entre l'avance technologique américaine et l'efficacité des méthodes de fabrication japonaises et ne disposant pas de volumes optimaux de débouchés sur leurs territoires d'origine, n'ont souvent pu que mener des combats de résistance sur place à la pénétration étrangère. Pour pallier ces déficiences, ils tentent parfois de s'internationaliser par croissance externe (Olivetti aux Etats-Unis).

1.1.3 Acteurs : un club exclusif

15. L'état actuel de la concurrence et de l'industrie à l'échelle internationale limite la liste des candidats aux plus grands groupes actuels. Pour pouvoir prétendre jouer un rôle majeur dans la constitution de l'industrie au niveau mondial, il faut, en effet, disposer de ressources considérables. *Il faut des firmes dotées de très gros moyens financiers afin de faire face à une concurrence devenu mondiale, hors des zones abritées par les politiques nationales.* Il s'agit, encore, de consacrer à la recherche et au développement des sommes considérables.

16. Les groupes doivent, en deuxième lieu, disposer d'un large ensemble de compétences et de savoir-faire. La plupart d'entre eux occupent déjà des positions de force dans plusieurs segments industriels concernés par les technologies électronique (tableau 3-3).

17. La formation d'un oligopole s'accompagnera, d'une restructuration industrielle majeure, dans la mesure où elle sera le résultat d'une concurrence acharnée entre les divers candidats dont tous savent que leur survie en est l'enjeu. La résolution du conflit ne peut intervenir que par un bouleversement d'un certain nombre de situations acquises sur les grands marchés nationaux. Elle doit donc nécessairement passer par l'imposition de *nouvelles règles de fonctionnement de l'industrie* et donc par une nouvelle définition de ses frontières et de son organisation.

18. La réduction des principaux intervenants à un petit nombre implique que ceux-ci apparaîtront comme *fournisseurs de solutions intégrées complètes et non pas*

comme *offreurs de biens isolés*. Plusieurs tendances militent dans cette voie. On constate, tout d'abord, que l'évolution de la technologie des composants s'oriente de plus en plus vers l'augmentation de leur degré d'intégration. *Le composant se rapproche de plus en plus du système*. Dans la situation du marché actuel, dominé par une guerre des prix, seuls des groupes capables de contrôler les débouchés de productions en très gros volumes pourront faire face à la concurrence et percevoir la valeur ajoutée introduite aux stades en aval de la fabrication des composants. Les producteurs captifs sont ceux qui résistent le mieux aujourd'hui à la crise de surproductions que connaît ce segment.

19. Il faut noter, ensuite, que la pénétration d'un domaine de plus en plus vaste d'applications, de la gestion à la production, par les techniques électroniques du traitement de l'information laisse les utilisateurs de plus en plus démunis face aux problèmes posés par la mise en place de systèmes dont la complexité croît sans cesse et

Tableau 3-3 : Les dix premiers groupes mondiaux classés selon leur C.A.

	Électronique				
	C.A. 1987 Total \$Mns	R&D 1987 \$Mns	Inform. rang 87	Télécom. rang 86	Circ. Int. rang 87
I.B.M.	54 217	5 434	1	9	1
MATSUSHITA	31 906,1	1 832,4	17	-	11
PHILIPS	26 023,1	2 154,3	18	10	9
A.T. & T.	33 598	2 453	23	1	5
G.M.	101 781,9	4 071,2	31	-	nd
N.E.C.	18 236,8	1 711,4	5	4	2
G.E.	40 515	1 194	53	-	nd
SIEMENS	28 615,7	3 455,7	7	5	17
HITACHI	33 070,6	2 179,3	6	14	4
FUJITSU	13 103,2	1 154,7	4	11	10
TOTAL	381 067,4	25 640			

Source : Datamation, 15/06/88, Thomson, 1987 et FORTUNE, avril 1988

qui se heurtent dès aujourd'hui à des difficultés nées du manque de compatibilité des divers éléments qui les composent. Par ailleurs, la mise en oeuvre en système des éléments constitutifs devient une compétence en soi. Les leaders de l'oligopole seront donc de vastes groupes intégrés proposant des solutions complètes. Il s'ensuivra une réduction du degré de spécialisation des principaux intervenants (E. de ROBIEN, 1986, p. 179).

20. La concurrence autour de l'offre de solutions complètes sur un marché mondial et la réduction du degré de spécialisation des participants conduira en définitive à *un rapprochement des caractéristiques d'organisation et de fonctionnement des principaux protagonistes*. Les différences actuelles que nous avons notées entre les groupes américains et européens, d'un côté, japonais, de l'autre, s'amenuiseront, en concordance avec la mise en place d'un ensemble oligopolistique mondial.

21. La marche à l'intégration, en dernier lieu, pourra se faire à partir d'un double point de départ : celui des compétences de production ou de celles d'utilisation. On trouve, en effet, dans les intervenants majeurs d'une part des groupes qui proviennent des segments traditionnels de l'industrie électronique tels I.B.M., A.T.T., Philips ou N.E.C. d'autre part des firmes nouvellement arrivées en provenance de secteurs fortement utilisateurs et disposant de formidables ressources financières comme General Motors ou même General Electric. La première catégorie se justifie d'elle-même. Les entreprises déjà engagées dans ce type d'activité disposent du savoir-faire de conception et de production qui leur permet de bâtir un ensemble de compétences intégrant les éléments complémentaires nécessaires à la constitution d'une offre de systèmes complets. La seconde se fonde principalement sur la capacité d'intégration en forçant la standardisation des constituants et sur leur puissance financière qui peut les inciter à tirer parti de cette intégration réussie pour devenir ensembliers à leur tour. Il est particulièrement intéressant de noter à ce propos que *cette stratégie conduirait à un glissement du pouvoir d'organisation de l'industrie, de la puissance publique à des puissances privées, ceci est bien en ligne avec la tendance à la constitution d'un oligopole mondial*.

22. La consolidation de l'oligopole mondial laisse présager du poids des groupes à l'horizon du XXI^e siècle. Le tableau 3-4 présente les évolutions possibles de cinq groupes américains compte-tenu des perspectives de croissance des différents segments de marché. L'exercice aboutit à l'émergence de mastodontes dont le C.A. dépasse dans tous les cas les 100 milliards de dollars. On peut s'interroger, dès lors, sur la nécessité de redéfinir des lois anti-trusts aussi virulentes qu'elles ont pu l'être dans les années 50.

PERSPECTIVES DES "MEGA-FIRMS" NORD AMERICAINES

Source : GERDIC, d'après les rapports annuels et les prévisions de croissance.

	Matériel électronique						Services			Autres	Total	
	Informatique	Communications	E.O.P.	Composants (3)	Mécatronique et automatisms Industriels (7)	Autre électronique	Total électronique	Logiciels / maintenance	Services (4) (5)			Autres services
1984												
I.B.M.	33,0	3,4	-	(2,7)	0,9	-	37,3	0,4	0,2	-	-	65,9
A.T.T.	0,6	16,0	-	(0,5)	-	-	17,4	0,1	15,7	-	-	33,2
G.E.-R.C.A. (1)	e	1,0	2,2	-	0,5 (6)	-	12,5	0,0	2,9	2,3	19,5	30,0
Bover	1,1	-	-	-	-	2,5 (4)	3,6	0,4	-	-	5,1	8,9
G.M.-R.A.-E.O.S. (2)	-	4,0	-	0,5	0,1	2,0 (5)	7,4	0,0	-	-	8,4	89,6
1990												
I.B.M.	80,0	7,5	-	(6,5)	1,5	-	89,1	25,0	1,0	-	-	115,0
A.T.T.	1,9	23,7	-	(1,0)	-	-	25,6	0,3	16,5	-	-	62,4
G.E.	e	5,2	5,2	-	21,4	-	31,0	2,1	4,7	2,7	31,9	73,2
Bover	3	-	-	-	-	4,0	-	-	-	-	7,3	15,5
G.M.	-	11,0	-	1,5	1,0	5,0	19,3	2,3	-	-	8,0	110,6
1995												
I.B.M.	130,0	15,0	-	(12,0)	10,0	-	155,0	50,0	3,0	-	-	208,0
A.T.T.	3,6	32,3	-	(2,0)	-	-	35,9	0,6	11,5	-	-	170,0
G.E.	e	10,5	0,5	-	30,5	-	57,5	4,2	2,0	3,3	44,0	116,0
Bover	4,5	-	-	-	-	5,0	9,5	2,5	-	-	10,0	22,0
G.M.	-	20,5	-	3,5	4,0	9,0	37,0	5,0	-	-	105,0	147,0
Croissance composite 1984-1995 (2)												
I.B.M.	13,0	14,4	-	(14,5)	24,4	-	13,0	17,6	2,9	-	-	46,7
A.T.T.	17,0	6,1	-	(13,4)	-	-	6,8	17,7	16,4	-	-	32,3
G.E.	-	17,3	15,0	-	14,7	-	16,9	16,2	0,3	3,3	7,6	10,7
Bover	13,6	-	-	-	-	6,5	9,7	10,1	-	-	6,3	8,5
G.M.	-	16,0	-	10,7	44,4	11,1	15,7	10,0	-	-	2,3	4,6

(1) General Electric R.C.A.

(2) General Motors - Hughes Aircraft - Electronic Data Systems

(3) Les données entre parenthèses sont en intraconsommation

(4) Bureauique

(5) Electronique automobile

(6) Y compris machines-outils classiques

(7) Y compris C.A.O./P.A.O.

Tableau 34

1.2. La révision stratégique

1.2.1. La délocalisation revisitée

23. L'implantation de Fairchild à Hong-Kong en 1962 ouvre la voie à une longue vague de délocalisation des firmes nord-américaines de l'électronique. En effet, dès le début des années 60, les firmes japonaises viennent contester l'avance américaine dans le domaine des composants actifs. C'est ainsi que, en 1957, les firmes américaines produisaient 29 millions de transistors et les japonaises 6 millions ; mais, en 1961, les productions respectives sont de 191 et 180 millions de transistors. Le ratio est donc passé de 4,83 en faveur des Etats-Unis à 1,06 (J. GRUNWALD et K. FLAMM, 1985, pp. 68-70). Une telle menace amena les producteurs américains, jusque là dominants, à modifier leurs procédés de production. PHILCO automatisa totalement sa production, FAIRCHILD choisit la délocalisation. Le choix de PHILCO rendit difficile tout changement de technologie dans une industrie où le cycle vital du produit s'avère très court. La firme dut abandonner, quelques années plus tard, son activité semi-conducteurs. La plupart des fabricants suivirent Fairchild.

24. C'est également la concurrence japonaise qui amène les fabricants de téléviseurs à se délocaliser. Ainsi, General Electric ouvre une unité de production à Singapour en 1968. Un an plus tard, R.C.A. s'implante à la fois à Taïwan et à Mexico pour fabriquer ou assembler des téléviseurs. En 1971, Zenith suit le même chemin. Au même moment, l'U.S. Tariff Commission accuse de dumping les fabricants japonais. La procédure débouchera cinq ans plus tard sur la mise en place de l'Orderly Marketing Agreement (O.M.A.), c'est-à-dire tout simplement un système de quotas sur les importations de T.V. couleurs aux Etats-Unis. Cette procédure, qui prend effet en 1977, aura un impact limité sur l'industrie. D'abord parce que les producteurs nord-américains, tous implantés à l'étranger, subissent le tarif. Ensuite, parce que les firmes japonaises se sont établies entretemps sur le marché américain. En effet, SONY s'implante en Californie en 1972. Matsushita rachète la division T.V. de MOTOROLA, QUASAR, en 1974. Enfin, en 1976, SANYO rachète WARWICK, le principal fournisseur de la chaîne commerciale SEARS (O.T.A., 1983, p. 116 à 119).

25. En se délocalisant, les firmes nord-américaines adhéraient au modèle de Clee (cf. 1.1.1.). Le faible coût de la main-d'oeuvre était l'élément de décision crucial, hormis les cas de contournement des barrières douanières. En effet, les unités de production établies au Japon ou en Europe doivent être considérées comme des "tariff factories". Quoiqu'il en soit, à l'issue de plus de 30 ans de délocalisation, les firmes nord-américaines de l'électronique disposent de près d'un million et demi de salariés hors des Etats-Unis (tableau 3-5) dont 39 % dans l'informatique et 25 % dans les "Instruments de mesure et de précision" (U.S. Dept of Commerce, 1985). L'Europe à elle

Tableau 3-5 : Les effectifs des filiales nord-américaines dans l'électronique en 1982

EFFECTIFS	Total	%	Canada	Europe	Japon	A.L.	Autre	Autres
Bureautique & Informatique	239600	39,72%	23900	220300	32800	24700	0	0
Radio, TV & Communications	187700	31,34%	9100	62700	10300	46900	51600	27000
Composants & Accessoires	164400	27,21%	6700	33300	3600	3600	53100	91000
Mesure & Precision	215400	35,70%	16000	132900	16600	27900	6000	46700
TOTAL Electronique	847100	39,07%	68700	451500	63000	105100	111100	161700
Logiciels et Serv. Info.	7000	0,91%	800	4700	0	0	0	0
GRAND TOTAL	854900	100,00%	61500	456200	63000	105100	111100	161700
Toutes Activités	660200	12,87%	91300	276700	302900	125600	52800	1384700

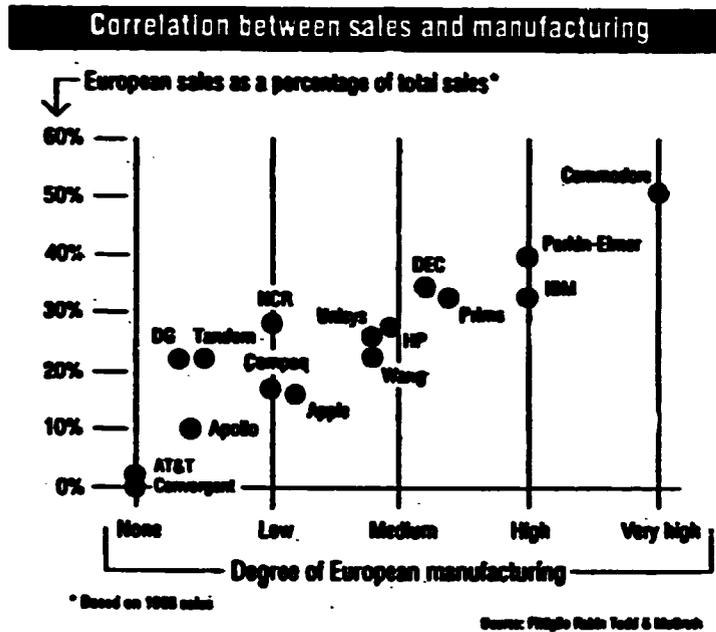
Source : ZEPHIC d'après US Dept of Commerce, 1985.

seule comprend 53% de ces effectifs, alors que l'Amérique Latine et le Canada n'en comprennent que 19%. Il semble donc que ce soit les *tariff factories* qui l'aient emporté sur le modèle de Clec.

26. Visiblement, l'intensification de la compétition mondiale et la modification de la structure des coûts ont provoqué un élargissement des objectifs et changer les stratégies de segmentation internationale des processus productifs dans l'électronique (Michael Mc GRATH, 1988, p. 144). *La production internationale permet d'accroître significativement les ventes.* Ainsi, comme le montre le graphique 3-2, lorsque l'on rapproche le pourcentage de ventes européennes de la proportion de production en Europe de groupes nord-américains, on obtient une importante corrélation. Il apparaît que l'on peut réaliser jusqu'à 20 % de son chiffre d'affaires en Europe avec une production locale faible ou nulle. Au-delà de ce point, la production locale devient nécessaire. Une firme comme COMMODORE est non seulement délocalisée mais, en outre, elle est perçue comme autochtone en R.F.A. ou au Royaume-Uni. Une telle caractéristique constitue selon K. OHMAE une des conditions permettant à une société de devenir "triadienne" (K. OHMAE, 1985, ppp. 299-304).

27. Les firmes nord-américaines ne sont pas les seules à opter pour la délocalisation. Les firmes européennes ou japonaises sont très actives depuis le début des années 80, et le mouvement s'intensifie. Le tableau 3-6 fait état des principales firmes étrangères aux Etats-Unis en électronique. Deux d'entre elles, Philips et Matsushita, réalisent 54 %. La plupart ont des unités de production aux Etats-Unis. *On notera la part significative de ces groupes sur le marché nord-américain qui est évalué, en 1986, à 190,8 milliards de dollars par le B.E.P., sans les logiciels et les automatismes, et à 240,5 milliards par l'E.I.C., avec ces deux dernières branches.* Cela porte le chiffre d'affaires des groupes présentés ici à 18,6 % et 14,7 % respectivement, du marché nord-américain.

Graphique 3-1



Source : Electronic Business, 1 mai 1988, p. 144

28. Initialement ramassées sur leur territoire, les firmes japonaises sont désormais appelées à suivre le mouvement de délocalisation. Les tensions protectionnistes et les variations de change ont amplifié le phénomène. Désormais, les firmes japonaises de l'électronique disposent de 501 établissements hors du Japon dont 82 (16 %) aux Etats-Unis, 61 (12 %) en Europe et 279 (56 %) en Asie. La recherche d'une main-d'oeuvre à faible coût, qui a guidé la première vague de délocalisation japonaise est donc encore lisible dans ces données. Il faut, en outre, conserver présent à l'esprit que les 501 établissements à l'étranger demeurent quantité négligeable vis-à-vis des 17 541 compagnies d'électronique recensées au Japon.

**Tableau 3-6 : Le chiffre d'affaires en électronique des groupes étrangers
aux Etats-Unis**

Millions de dollars		*****				
		* 1986-87	%	1985-86	%	*

* MATSUSHITA		* 6700	18,86%	6520	17,76%	*
* PHILIPS	E	* 3993	11,24%	3430	9,34%	*
* HITACHI		* 3030	8,53%	2920	7,95%	*
* NORTHERN TELECOM		* 2860	8,05%	2870	7,82%	*
* SONY		* 2634	7,41%	2250	6,13%	*
* TOSHIBA		* 2000	5,63%	1310	3,57%	*
* NEC		* 1948	5,48%	1450	3,95%	*
* SHARP		* 1600	4,50%	1460	3,98%	*
* SIEMENS	E	* 1500	4,22%	1340	3,65%	*
* JVC		* 1335	3,76%	950	2,59%	*
* MITSUBISHI		* 1200	3,38%	1000	2,72%	*
* SANYO		* 1200	3,38%	1200	3,27%	*
* FUJITSU		* 1170	3,29%	650	1,77%	*
* CANON		* 1150	3,24%	1090	2,97%	*
* GEC	E	* 1100	3,10%	980	2,67%	*
* CGE	E	* 865	2,43%	320	0,87%	*
* OLIVETTI	E	* 835	2,35%	620	1,69%	*
* SAMSUNG ELECTRONICS		* 800	2,25%	550	1,50%	*
* KYOCERA		* 542	1,53%	485	1,32%	*
* C. ITOH		* 500	1,41%	500	1,36%	*
* RACAL	E	* 475	1,34%	470	1,28%	*
* SCHLUMBERGER		* 450	1,27%	900	2,45%	*
* TDK		* 450	1,27%	430	1,17%	*
* LEX SERVICES	E	* 442	1,24%	390	1,06%	*
* THORN EMI	E	* 430	1,21%	430	1,17%	*
* THOMSON CSF	E	* 425	1,20%	300	0,82%	*
* ERICSSON	E	* 400	1,13%	310	0,84%	*
* BAYER	E	* 370	1,04%		0,00%	*
* ALPS		* 325	0,91%	240	0,65%	*
* PLESSEY	E	* 280	0,79%	260	0,71%	*
* COMMODORE		* 230	0,65%	360	0,98%	*
* BROTHER INDUSTRIES		* 185	0,52%	138	0,38%	*
* BOSCH	E	* 180	0,51%		0,00%	*
* AEG	E	* 140	0,39%	100	0,27%	*
* MITEL		* 139	0,39%	130	0,35%	*
* NIXDORF	E	* 130	0,37%	130	0,35%	*
* MANNESMANN	E	* 120	0,34%	120	0,33%	*
* CANADIAN MARCONI		* 98	0,28%	110	0,30%	*

* TOTAL		* 35531	100,00%	30193	82,24%	*
* dont européennes		* 11685	32,89%	9200	25,06%	*

Source : GERDIC d'après les données d'Electronic Business

Tableau 3.7 : Les établissements étrangers des firmes japonaises de l'électronique

		Corée	Taiwan	IK	Malaisie Singapour	Autres ASEAN	Total ASE	Amerique du Nord	Amerique Latine	Europe	Autres	Total
EGP												
	50-65	0	2	1	1	2	6	2	2	0	1	11
	66-69	0	3	0	5	5	13	0	7	1	7	23
	70-74	6	6	0	11	6	29	3	7	6	9	51
	75-79	2	2	1	5	3	13	10	3	7	6	39
	80-85	-3	8	6	2	-5	10	13	11	17	-12	39
Composants												
	50-65	0	3	1	1	1	6	1	0	0	1	8
	66-69	1	13	0	0	1	15	0	3	0	4	22
	70-74	31	25	2	16	1	75	1	7	1	4	88
	75-79	8	9	2	17	4	40	5	3	3	1	52
	80-85	2	12	0	10	12	36	26	10	17	0	89
Plans d'équip.												
	50-65	0	2	0	0	0	2	2	0	0	1	5
	66-69	0	1	0	0	0	1	1	2	1	1	6
	70-74	1	2	0	2	0	5	2	3	0	1	11
	75-79	2	0	0	1	0	3	4	1	1	1	10
	80-85	7	7	1	5	5	25	12	0	7	0	44
Total												
	50-65	0	7	2	2	3	14	5	2	0	3	24
	66-69	1	17	0	5	6	29	1	7	7	12	51
	70-74	38	33	2	29	7	107	6	17	7	14	153
	75-79	12	11	3	23	7	56	19	7	11	9	101
	80-85	8	27	7	17	12	71	51	21	41	-12	172
Grand total												
		59	95	14	76	35	279	82	54	61	75	501
Nbre de sites												
		42	65	14	67	27	215	54	33	47	15	364

FILIAL	INVESTISSEUR ETRANGER	EFFECTIF	CREATION	CAPITAL ETRANGER
IBM Japan, Ltd	1 IBM WORLD TRADE CORP	EU	16740 JUIN 1957	100
Full Xerox Co., Ltd	2 RANK XEROX LTD	GB	10100 FEVR 1962	50
Texas Instruments Japan Ltd	3 TEXAS INSTRUMENTS INC	EU	4900 MAI 1968	100
Nippon Univac Kaisei, Ltd	4 SPERRY RAND CORP	EU	4884 MARS 1958	34
NCR Japan, Ltd	5 NCR CORP	EU	4500 FEVR 1970	70
Yamatate-Honeywell Co., Ltd	6 HONEYWELL INC	EU	3400 AOUT 1949	50
Yokogawa-Hewlett-Packard, Ltd	7 HEWLETT PACKARD	EU	3000 SEPT 1963	75
Burroughs Co., Ltd	8 BURROUGHS CORP	EU	2650 JANV 1977	100
Toppan Moore Co., Ltd	9 MOORE CORP LTD	CAN	2200 JUIN 1968	45
Suimitsu JM Ltd	10 MINNESOTA MINING & MFG CO (3M)	EU	2088 DECE 1961	50
Nihon Dofuji Equipment Corp.	11 DIGITAL EQUIPMENT CORP INTL.	EU	1800 AOUT 1982	100
Olivetti Corp. of Japan	12 OLIVETTI INTL SA (Luxembourg)	IT	1400 SEPT 1961	100
Nippon Motorola Ltd	13 MOTOROLA INC	EU	1300 JANV 1982	100
Nippon Avionics Co., Ltd	14 HUGHES AIRCRAFT CO	EU	1250 AVRIL 1965	49
Japan Business Computer Co.	15 NIMON-IBM K.K.	EU	1170 AOUT 1983	34,95
Gadellius K.K.	16 GADELIUS AB	SWE	1050 JUIN 1970	100
AMP (Japan), Ltd	17 AMP INC	EU	1000 JUIL 1957	100
New Japan Radio Co.	18 RAYTHEON CORP	EU	1000 SEPT 1959	30,3
Nichiden Anelva Co., Ltd	19 VARIAN ASSOCIATES INC	EU	1000 OCTO 1967	19
Sony/Tektronix Corp.	20 TEKTRONIX INC	EU	900 MARS 1965	50
Marantz Japan, Inc.	21 PHILIPS GLOBELAMPEN, N.V.	BE	846 MAI 1946	54
Nippon Data General Corp.	22 DATA GENERAL	EU	810 FEVR 1971	85
Daiichi Denki Kogyo K.K.	23 BURKIN RANG-ELTRA CORP	EU	793 OCTO 1983	34
Dai Univac Kaisei, Ltd	24 SPERRY RAND CORP	EU	670 NOVE 1963	45,08
Nippon Office Systems, Ltd	25 IBM JAPAN, LTD	EU	616 SEPT 1982	75
Molex-Japan Co., Ltd	26 MOLEX INC	EU	600 JUIN 1970	100
Burndy Japan Ltd	27 BURNDY CORP	EU	531 MAI 1963	50
Yokogawa Medical Systems, Ltd	28 GENERAL ELECTRIC	EU	501 MAI 1982	51
Teijin Memorex Co., Ltd	29 NIMON-MEMOREX CO, LTD	EU	500 DECE 1978	49
Toshiba Electronic Systems, Ltd	30 GENERAL ELECTRIC	EU	468 JANV 1963	40
Intel Japan K.K.	31 INTEL CORP.	EU	450 AVRIL 1976	100
CBS/Sony Group Inc.	32 CBS INC	EU	441 MARS 1968	50
Siemco Seimitsu	33 LUCIEN HEROZ	SUI	426 JANV 1963	6,6
Electrolux Japan Ltd	34 ELECTROLUX	SWE	420 JUIN 1975	100
Furukawa Precision Engineering	35 M.C. HERAEUS GMBH	FR	368 OCTO 1972	50
Japan Computer Science Co., Ltd	36 SHINAN INVESTMENT HOLDINGS SA	LUX	350 DECE 1984	12,5
Nihon-Memorex Co., Ltd	37 MEMOREX CORP	EU	340 AOUT 1968	60
Neelz Lambda K.K.	38 VEECO INSTRUMENTS INC	EU	327 JUIN 1978	60
Cosmo SO Co., Ltd	39 NISSAN LTD FAIRCHILD SC DIV.	EU	310 JUIN 1984	20
Nichicon Sprague Co., Ltd	40 SPRAGUE ELECTRIC CO	EU	310 SEPT 1970	45,3
Shinano Tokai Corp.	41 ARI DRIST INVESTMENT CO	EAU	300 SEPT 1984	25,81
IBM Japan Sales Co., Ltd	42 IBM JAPAN, LTD	EU	300 JUIN 1981	100
Siemens K.K.	43 SIEMENS AG	FR	300 OCTO 1970	83
SIEMENS MITSUBI SYSTEM K.K.	44 SIEMENS K.K.	FR	260 MARS 1979	100
Furukawa Circuit Pail Co., Ltd	45 YATES IND, INC	EU	252 SEPT 1970	50
Information Services Intl Oentau	46 GENERAL ELECTRIC	EU	251 DECE 1975	34
NIPPON FAIRCHILD K.K.	47 SCPLUMBERG	FR	250 NOVE 1969	100
Avx K.K.	48 AVX CORP	EU	248 MAI 1979	97
NHB Semiconductor Co., Ltd	49 FICTET INTERNATIONAL	BAH	230 MAI 1984	17,87
Miyazaki Audio Co., Ltd	50 MARANTZ JAPAN (PHILIPS)	BE	230 OCTO 1972	100
	TOTAL/MOYENNE		78912 1968	

Tableau 38 : Les cinquante premiers firmes étrangères de l'industrie Electronique implantées au Japon au 1/1/1985

29. Symétrique du faible mouvement initial de délocalisation des firmes japonaises, les implantations étrangères au Japon sont modestes. Les cinquante premières firmes étrangères de l'électronique emploient 78 900 personnes en 1985 (tableau 3-8), cela représente à peine 6 % des 1,2 millions de salariés de l'industrie électronique dans ce pays. Par ailleurs, les 251 filiales étrangères recensées par le GERDIC dans l'électronique représentent 88 300 emplois. Il est donc évident que *le mouvement de mondialisation des firmes demeure inachevé* et, si l'hypothèse de K. OHMAE se vérifie, nous devrions assister à une expansion de l'Investissement Direct à l'étranger très soutenue. Mais ce mouvement se heurte, aux Etats-Unis par exemple, à des pressions nationalistes qui pourraient l'empêcher d'aboutir.

30. Quelque soit son degré d'achèvement, la mondialisation engendre des flux intra-firmes de plus en plus importants. Le Benchmark de 1982 permet de retracer, pour les Etats-Unis et pour l'industrie électronique, les flux d'échanges entre les maisons-mères, les filiales et le reste du monde. Ces données sont regroupées dans le tableau 3-9. Elles font apparaître l'importance de ces flux qui arrivent à représenter 226 milliards de dollars dont on doit retrancher 127 milliards, vendus par les maisons-mères aux Etats-Unis et qui n'entrent donc pas dans les flux internationaux. Au total, *au sein des multinationales nord-américaines sont échangés 36 milliards de dollars, soit 26 % des 140 milliards de dollars d'électronique qui ont été échangés dans le monde cette année-là.*

Tableau 3-9 : Les flux d'échanges des multinationales américaines de l'électronique en 1982 (millions de dollars)

Exp. vers	Siège	Filiale	Autre EU	Autre	Total	(%)
de						
Siège		16308	26936	8315	15159	66,9%
Filiale	5272	14856	460	51100	71688	31,6%
Autre EU		348			348	0,2%
Autre	2984				2984	1,3%
Total	8256	31512	127396	59415	226579	100,0%
(%)	3,6%	13,9%	56,2%	26,2%	100,0%	

Source : GERDIC, d'après US Dept of Commerce, 1985.

31. Progressivement, avec la mondialisation de la production, l'on assiste à un découplage entre la production des firmes et leur base territoriale. Nous avons tenté de saisir cette ventilation du chiffre d'affaires des firmes dans les grandes zones de la Triade (tableau 3-9 bis). A l'exception de l'Europe et malgré des déficits

commerciaux importants, la production nationale par des nationaux demeure dominante (diagonale de tableau) et, au total, pratiquement un quart des ventes effectuées dans la Triade le sont par des firmes d'une nationalité différente de celle du pays acheteur. En proportion du marché, les ventes par les filiales étrangères dépassent les 10 % dans toutes les zones et tendent vers 15 % aux Etats-Unis. Il semble là qu'il y ait un seuil, si l'on considère les tensions protectionnistes aujourd'hui révélées.

Tableau 3-9 bis : Un essai de comparaison des productions territoriales et du chiffre d'affaires locales des firmes étrangères en 1984 (millions de dollars)

* inclantées dans les zones suivantes :	C.A. des firmes :			TOTAL	(1)	(2)	(1)/(2) (%)
	Japonaises	Nord américaines	Eurobéennes		TOTAL Etranger	Marché Apparent	
* Japon	7900	7500	1000	66500	8500	50600	16,7%
	90,17%	6,67%	1,16%	100,00%	9,83%		
* Etats Unis	16000	15000	8500	174500	24500	166100	13,2%
	9,17%	85,96%	4,87%	100,00%	14,04%		
* Europe	7000	38000	35000	80000	45000	68200	51,0%
	8,75%	47,50%	43,75%	100,00%	56,25%		
* TOTAL	101000	195500	44500	341000	76000	325100	24,0%
	29,62%	57,33%	13,05%	100,00%	22,27%		

Source : BERGIC

1.2.2 La coopération tous azimuts

32. Dans les années 60, les filiales communes avec des firmes étrangères avaient pour objectif la baisse des coûts et rejoignaient, ainsi, les propositions du modèle de Clec. Depuis les années 80, la signification des alliances est toute autre. L'essentiel d'entre elles ont pour objectif d'affirmer l'avantage compétitif des associés. *Auparavant, la coalition était tactique, c'est-à-dire que, limitée en ampleur et dans le temps, elle permettait un accès peu onéreux et rapide aux marchés et à la technologie. Désormais, elle est stratégique et lie de façon structurée les concurrents (M. POTTS et P. BEHR, 1987, p. 27).*

33. Souvent préférés à la coopération, les rachats ou les fusions ont pris le devant de la scène au début des années 80. Ainsi, dans le seul domaine des logiciels et des services informatiques, les rachats ont augmenté de 49 % en 1985 aux Etats-Unis. La vague actuelle débute en 1982, elle trouve sa source dans plusieurs événements.

D'abord, l'inflation latente des années 70, a débouché sur une sous-évaluation notable des actifs. Ensuite, le capital risque se fait plus rare pour les firmes naissantes ; c'est pourquoi, certaines d'entre elles cherchent à être rachetées. Enfin, les capacités de production accumulées en excédent dans de nombreux secteurs amènent la fusion d'anciens concurrents. Dans l'électronique, ces fusions sont spectaculaires. Le tableau 3-10 présente quelques-uns de ces rachats aux Etats-Unis. Les quatre premières fusions ont coûté à elles seules plus de 17 milliards de dollars. Mais ce mouvement a été favorisé aux Etats-Unis par le contexte macro-économique et la législation fiscale. On sait, par exemple, que l'Economic Recovery Tax Act de 1981 a permis aux firmes nord-américaines de dégager de très importantes liquidités en accélérant certaines procédures d'amortissement. Par ailleurs, une jurisprudence de 1935 ne taxe pas la plus-value sur les actifs immobilisés vendus ; pourtant celle-ci est encaissée par le vendeur et enregistrée à l'actif immobilisé de l'acheteur qui peut l'amortir.

34. Parallèlement au mouvement de fusion, on assiste à un large phénomène de désinvestissement de la part de certaines firmes. Les raisons en sont nombreuses. Certaines sont financières. Ainsi, les actifs valent plus cher à la vente que lorsqu'ils sont amalgamés à un groupe industriel ou à un conglomérat. L'inflation, à nouveau, a fait évoluer moins vite les gains des actions que les actifs immobilisés. D'autre part, la quasi-disparition de l'inflation a engendré des difficultés, pour les groupes endettés, à financer leur croissance par l'effet levier. C'est pourquoi l'on voit des vieux conglomérats comme LITTON Industries se restructurer. I.T.T., par exemple, a vendu 66 de ses divisions jusqu'en 1984 et 19 pendant le premier semestre 1985. TEXTRON Inc. a vendu quatre compagnies pour acheter AVCO, SINGER a vendu trois des ses divisions électroniques, etc.

35. A côté des choix financiers, ce sont les échecs des fusions qui expliquent bien souvent les désinvestissements. Le consultant McKINSEY a observé un échantillon de 58 acquisitions entre 1972 et 1983 ; 32 d'entre elles n'ont pas obtenu un rendement permettant de rentabiliser le capital et 30 n'ont pas permis d'améliorer la compétitivité du groupe (S.E. PROKESCH, 1985, p. 65). Une acquisition sur trois est abandonnée. Ainsi, entre 1980 et 1984, le nombre de désinvestissement a augmenté de 35 %. Devenant l'effet et la cause de la "Mergamania". Observant les acquisitions de plus de 100 millions de dollars en 1986, Mc KINSEY constate que 75 % des acheteurs ont abandonné peu après les nouveaux actifs acquis. Cette proportion n'était que de 20 % à la fin des années 70 (J.H. DOBRZYNSKI, 1988, p. 58).

36. En effet, beaucoup de la valeur des sociétés "high tech" repose sur son potentiel scientifique : ingénieurs et techniciens. Aussi, à l'issue d'une O.P.A., est-il fréquent de voir les équipes se disperser chez les concurrents plutôt que de rester au

sein de la firme rachetée. L'acquéreur a alors acheté, quelquefois très cher, une boîte vide. C'est pourquoi, plutôt que les rachats, les industries à haute technologie préféreront les alliances. Plus de la moitié d'entre elles ont lieu dans les hautes technologies.

37. Aux Etats-Unis, en 1983, le nombre de coopérations annoncées dans ces industries dépasse la somme de toutes celles annoncées auparavant dans ces secteurs. R.N. OSBORN et C.C. BAUGHN (1987) ont observé la formation de filiales communes nippon-américaines entre l'automne 1984 et l'automne 1986. Ils en ont recensé 189, dont 67 dans les industries électriques et électroniques, réparties comme suit :

Industries électriques et électroniques	11
Télécommunications	14
Précision	11
Informatique	18
Logiciels	4
Semi-conducteurs	5
Mécatronique	4

Ces relations s'appuient sur la spécialisation des deux partenaires et s'efforcent de répondre à des dotations en capital ou en technologie limitées. Si les anciennes alliances, des années 60, reposaient sur une asymétrie des ressources des partenaires, désormais, elles sont traitées entre des sociétés dont le niveau technologique est comparable. Cela explique que la R-D joue un rôle important et que des filiales communes, qui manifestent la volonté de faire durer la coopération, soient préférées à des accords de licence. Cela explique aussi que les filiales communes, dont un des partenaires est américain, soient plus nombreuses au Japon et que les firmes japonaises soient les plus nombreuses à créer des filiales communes aux Etats-Unis (D.B. CHRISTELOW, 1987, p. 11). Le tableau 3-11 présente les cinquante premières filiales communes établies au Japon dans l'électronique, classées selon le critère de l'effectif. On notera que 84 % des effectifs appartiennent à des filiales où intervient un groupe américain ; cela confirme pour l'électronique les observations plus générales de D.B. CHRISTELOW.

38. Les firmes européennes n'ignorent pas ce mouvement de coopération. Sur un échantillon observé de 497 accords impliquant des firmes européennes en 1980 et 1985, L.K. MYTELKA et M. DELAPIERRE (1987) constatent que à peine 25 % des accords sont passés entre firmes européennes, alors que 54 % de ceux-ci sont établis avec des firmes nord-américaines. Ces choix géographiques traduisent la recherche de partenaires dont la technologie soit complémentaire de celles des groupes européens. Ils s'appuient donc aussi sur la spécialisation des groupes. En revanche, au sein de l'Europe, de très actives fusions sont pratiquées au titre desquelles on notera l'O.P.A.

Tableau 3-10

A sampling of recent megadeals in the electronics industry

Buyer/seller	Price paid (\$ millions)
General Electric Co./RCA Corp.	\$6,280
General Motors Corp./Hughes Aircraft Co.	\$5,000
The Signal Companies Inc./Allied Corp.	\$4,950
IBM/CCI Communications Corp. (10%)	\$1,000
MCI Communications Corp./Satellite Business Systems	\$480
Dow Jones & Co./Telestar Inc.	\$480
Pacific Telesis Group/Communications Industries Inc.	\$431
American Express Co./First Data Resources Inc. (remaining 25%)	\$238
British Telecommunications Plc./Aritel Corp. (51%)	\$217
Ameritech/Applied Data Research Inc.	\$215
Investor Group (Welsh, Whitney/Mohawk Data Sciences Corp. (five U.S. business units)	\$180
Eastman Kodak Co./Meridian Corp.	\$175
Investor Group (Management/ Times Mirror Microwave Communications Co.	\$175
Siemens AG/Telecom Plus International Inc.	\$145
Starling Software Inc./Informatics General Corp.	\$144
Continental Telecom Inc./American Satellite Co. and Space Communications Co.	\$105
Bell & Howell Co./University Microfilms Inc. (Texas unit)	\$100
Resources Inc./TRT Communications Inc.	\$56
AT&T/Communications Satellite Corp. (50% of three Earth stations)	\$55
Continental Telecom Inc./IPC Communications	\$55
Systems Designers International Plc./Warrington Associates Inc.	\$26
Atlantic Research Corp./Systematics General Corp.	\$24
National Business Systems Inc./DEX Identification Systems (division of Mohawk Data Sciences Corp.)	\$13
McDonnell Douglas Information Systems Group/ Applied Research of Cambridge, UK	\$13

Source: The Corporate Report, Quality Services Co.

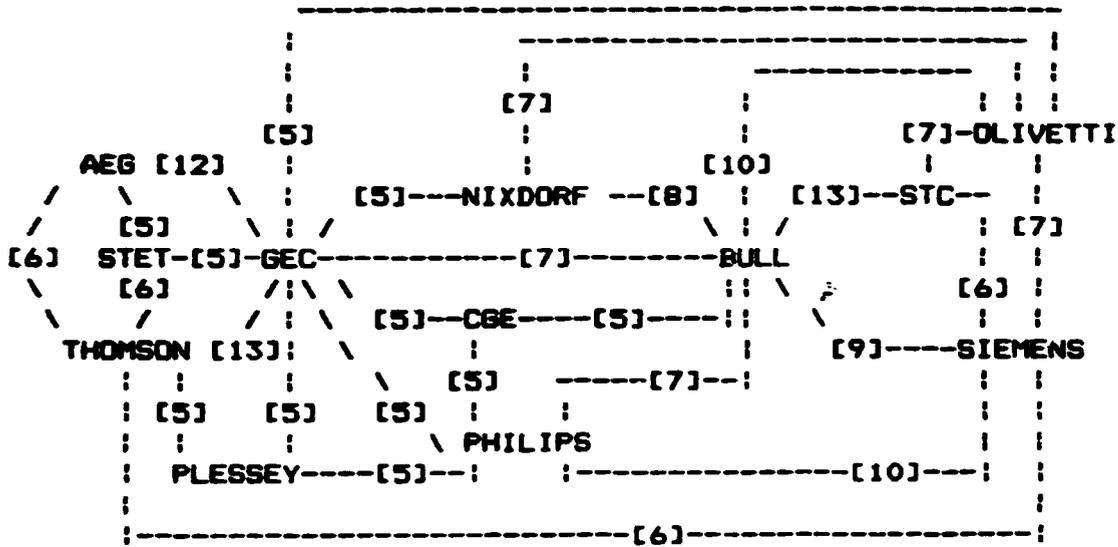
Tableau 3-11

Les filiales communes au Japon au 1er janvier 1985 (effectifs, date de création)

Company Name	Country	Employees	Year of Creation
Nippon Univac Kaisha, Ltd	EU	4884	MARS 1958
NCR Japan, Ltd	EU	4500	FEVR 1920
Yanetsuke-Honeywell Co., Ltd	EU	3400	AOÛT 1949
Toppan Floor Co., Ltd	EU	2200	JUIN 1965
Suimoto 3M Ltd	EU	2088	DECE 1961
Nippon Avionics Co., Ltd	EU	1250	AVR1 1960
New Japan Radio Co.	EU	1000	SEPT 1959
Sony/Tektronix Corp.	EU	900	MARS 1965
Harantz Japan, Inc.	EU	846	MAI 1946
Nippon Data General Corp.	EU	810	FEVR 1971
Daichi Denchi Kogyo K.K.	EU	693	OCTO 1963
Oki Univac Kaisha, Ltd	EU	670	NOVE 1963
Nippon Office Systems, Ltd	EU	616	SEPT 1982
Burdny Japan Ltd	EU	531	MAI 1963
Yokogawa Medical Systems, Ltd	EU	501	MAI 1982
Teijin Measur Co., Ltd	EU	500	DECE 1978
Yamaha Electronic Systems, Ltd	EU	468	JANV 1963
CBS/Sony Group Inc.	EU	441	MARS 1968
Simco Seimitsu	EU	426	JANV 1963
Furukawa Precision Engineering	EU	368	OCTO 1972
Nihon-Measur Co., Ltd	EU	340	AOÛT 1968
Nichicon Sprague Co., Ltd	EU	310	SEPT 1970
Siemens K.K.	EU	300	OCTO 1970
Shinano Tokki Corp.	EU	300	SEPT 1984
Furukawa Circuit Foil Co., Ltd	EU	252	SEPT 1970
Avx K.K.	EU	240	MAI 1979
NSB Semiconductor Co., Ltd	EU	230	MAI 1984
Koyo Lindberg, Ltd	EU	210	JUIL 1967
Newtronics Co, Ltd	EU	205	JUIL 1983
Suimoto Eaton Nova Corp.	EU	200	AVR1 1983
RVC Corp.	EU	181	OCTO 1975
Showa Information Systems Co.	EU	180	AOÛT 1984
Advance Systems Technology Devt	EU	175	NOVE 1982
Computer Systems Leasing, Ltd	EU	170	JANV 1983
Hirose Cherry Precision Co., Ltd	EU	160	JANV 1973
Tel Varian Ltd	EU	150	FEVR 1982
Yanetsuke S Co., Ltd	EU	146	AVR1 1942
Sanien Air-pax Co., Ltd	EU	125	JUIL 1968
Ihune Elec-Trol Inc.	EU	124	NOVE 1970
ABCO (Japan) Co., Ltd	EU	108	JANV 1970
KDA TRM Inc.	EU	105	SEPT 1981
Tokyo Higashi Xerox Honbai K.K.	EU	100	MARS 1981
Standards Technology Inc.	EU	89	JANV 1974
Ittcanon Ltd	EU	85	AVR1 1979
Advance Systems Technology Inc.	EU	80	NOVE 1983
Nisgate Xerox Sales Co., Ltd	EU	80	OCTO 1980
Aashi Microsystems Inc.	EU	70	OCTO 1971
TEL-Servad Ltd	EU	65	AOÛT 1981
Fujiyama Enterprises Corp	EU	64	FEVR 1984
Nippon Aerial-Data Co.	EU	62	MAI 1961
HITACHI, OKI, MITSUBISHI ET ALII	EU		
MITSUBISHI, NITSUJI ET DAI-ICHI	EU		
FUJII BANK, YASUDA TRUST & BANK	EU		
TOPPAN PRINTING CO LTD	EU		
NEC, SUMITOMO ELECTRIC	EU		
NIPPON ELECTRIC CO LTD	EU		
JAPAN RADIO CO LTD	EU		
SONY CORP	EU		
TAIYO KOBE BANK, INDIVIDUEL	EU		
YODO KEIKAKU ENGINEERING INC	EU		
FUJIKURA LTD, IMATSU ELECTRIC CO	EU		
OKI, MITSUBISHI, NIPPON UNIVAC	EU		
KANEHATSU BOSHU LTD	EU		
FURUKAWA ELEC., SUMITOMO ELEC.	EU		
YOGOSAWA HOKUSHIN ELECTRIC WORKS	EU		
TAIJJIN LTD	EU		
TOSHIBA CORP	EU		
SONY CORP	EU		
CITIZEN WATCH CO LTD	EU		
FURUKAWA ELECTRIC CO LTD	EU		
KANEHATSU BOSHU LTD	EU		
NICHIKON CAPACITOR LTD	EU		
FUJII ELECTRIC CO LTD	EU		
TEAC K.K.	EU		
FURUKAWA ELECTRIC CO LTD	EU		
SUMITOMO METAL MINING CO LTD	EU		
HINEBEA CO LTD	EU		
KOYO SEIKO CO LTD	EU		
NITSUMI ELECTRIC CO LTD	EU		
SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES LTD	EU		
VICTOR CO OF JAPAN	EU		
NITSUJI LEASING & DEVELOPMENT LTD	EU		
MITSUBISHI CORP, COSMO SO CO	EU		
ORIENT LEASING CO LTD	EU		
OHMIBOSE ELECTRIC CO LTD	EU		
TOKYU ELECTRON LTD	EU		
YASUDA FIRE & MARINE INSURANCE	EU		
SANKEN ELECTRIC CO LTD	EU		
IKENO BEISAKUSHO	EU		
KOHAN ELECTRIC CO LTD	EU		
KOA DENKO K.K.	EU		
KODANSHA LTD	EU		
HORIBA, SHIMADZU, DENKI KAGAKU	EU		
JAPAN AVIATION ELECTRONIC IND	EU		
MITSUBISHI CORP ET ALII	EU		
TSUZUI SANGYO K.K.	EU		
ASAHI CHEMICAL INDUSTRY CO LTD	EU		
TOKYU ELECTRON LTD	EU		
MITSUBISHI BANK LTD ET ALII	EU		
KINSHO HATAICHI CORP	EU		
SPERRY RAND CORP	EU		
NCR CORP	EU		
HONEYWELL INC	EU		
FOORE CORP LTD	EU		
MINNESOTA MINING & MFG CO (3M)	EU		
HUGHES AIRCRAFT CO	EU		
RAYTHEON CORP	EU		
TEKTRONIX INC	EU		
PHILIPS ELECTRONICS N.V.	EU		
DATA GENERAL	EU		
BUNKER RAND-CLTRA CORP	EU		
SPERRY RAND CORP	EU		
IBM JAPAN, LTD	EU		
BURNDY CORP	EU		
GENERAL ELECTRIC	EU		
NIMON-REMORX CO, LTD	EU		
GENERAL ELECTRIC	EU		
CBS INC	EU		
LUCIEN MERCI	EU		
J.C. HERAULS SHEN	EU		
REMORX CORP	EU		
BRANQUE ELECTRIC CO	EU		
SIEMENS AG	EU		
ABU DHABI INVESTMENT CO	EU		
RYATES IND. INC	EU		
AVX CORP	EU		
PICYTE INTERNATIONAL	EU		
GENERAL SIGNAL	EU		
COMMODORE ELECTRONICS LTD	EU		
EATON CORP	EU		
RCA INTERNATIONAL LTD	EU		
HENDERSON BARING JAPAN FUND	EU		
NIMON-IBM K.K.	EU		
IBM JAPAN, LTD	EU		
CHEERY ELECTRICAL PRODUCTS CORP	EU		
VARIAN ASSOCIATES INC	EU		
YAMATAE HONEYWELL CO LTD	EU		
NORTH AMERICAN PHILIPS CORP	EU		
ELEC-TROL INC	EU		
AUTOMATIC SWITCH CO	EU		
TRM INC	EU		
FUJII XEROX CO LTD	EU		
BECKMAN INSTRUMENTS (Japan) LTD	EU		
ITT SCHADON INC.	EU		
NIMON-IBM K.K.	EU		
FUJII XEROX CO LTD	EU		
AMERICAN MICAO SYSTEM INC	EU		
GENRAD INC	EU		
TIE/COMMUNICATIONS INC	EU		
ALLIED HEALTH & SCIENTIFIC	EU		

Source : GERDIC, fichier IMPLET JAP

Graphique 3-2 : Le nombre d'accords passés par les groupes européens entre eux dans le cadre d'Esprit



NB: Le graphique exclue des couples avec moins de cinq projets en commun

Source : L.K. MYTELKA et M. DELAPIERRE, 1987, p. 248

amicale de S.T.C. sur I.C.L., ou le rachat de Datasab par L.M. ERICSSON. Les programmes européens ont contribué à multiplier les accords intra-européens, mais n'ont pas pour autant modifier l'ouverture des groupes européens sur la Triade (graphique 3-2).

39. L'assouplissement des législations anti-trusts a amplifié, sans doute, la vague de collaboration bilatérale que nous observons. Toutefois, elle répond, nous semble-t-il à une nécessité structurelle et pas conjoncturelle, sinon, comment comprendre que N.E.C., principal concurrent d'I.N.T.E.L. après MOTOROLA, soit aussi son premier client au Japon. La complexité technique exige la collaboration. Mais la coopération permet aussi de contourner les politiques nationales protectionnistes qui empêchent de pénétrer sur un marché en interdisant simultanément d'y acquérir des entreprises.

1.3. Un zoom sectoriel

1.3.1 Informatique : la nouvelle donne

40. Depuis le début des années 80, l'évolution des architectures de systèmes informatiques a accéléré avec la convergence des télécommunications et de l'informatique et, aussi, la multiplication des micro-ordinateurs sur les sites. *Les systèmes très centralisés ont dû rapidement évoluer vers une architecture distribuée, exigeant, par là même, la mise en place de réseaux de communications.* Or, les producteurs d'ordinateurs ont rencontré beaucoup de difficultés à satisfaire les nouveaux besoins des usagers en connection, applications intégrées ou interfaces conviviaux. La principale cause de ces problèmes a été l'absence de normes de communications et l'ensemble des constructeurs s'efforcent désormais de développer et de promouvoir la norme O.S.I. (Open Systems Interconnection).

41. La constitution, en 1984, par douze fabricants européens d'une association informelle, le S.P.A.G. (Standard Promotion and Applications Groups) stimula le développement du travail de normalisation entrepris par l'I.S.O. (International Standard Organization). *C'est à l'initiative de l'I.S.O. que fut publiée, en 1978, la structure en sept couches, dite O.S.I. (Open Systems Interconnection).* En réponse à l'initiative européenne, tous les grands constructeurs nord-américains se sont rassemblés dans le C.O.S. (Corporation for Open Systems) pour mettre en oeuvre la norme O.S.I. Enfin, en novembre 1985, à l'initiative du M.I.T.I., puis, les industriels japonais ont créé le P.O.S.I. (Promotion Conference for O.S.I. in Japan) (E. DE ROBIEN, 1987, p. 224-226). La volonté de normalisation des interconnexions a fait franchir un pas de plus aux constructeurs européens qui ont créé, en décembre 1987, l'E.W.O.S. (European Workshops for Open Systems), fédération d'organismes de normalisation. Simultanément, aux Etats-Unis est constitué l'American Workshop, autour du National Bureau of Standards et, au Japon, l'Asian and Oceanian Workshop, autour du P.O.S.I. (P. DE LAUBIER, 1988).

43. La recherche active d'une normalisation provient de l'évolution technologique des micro-ordinateurs. Ainsi, un micro-ordinateur multi-utilisateurs, conçu autour d'un microprocesseur Motorola 68 000 ou Intel 80286, comme la Serie 1000 d'Arca Systems, peut effectuer les tâches du mini-ordinateur VAX 780 de D.E.C. pour un prix d'achat inférieur à 100 000 \$. Utilisant le système d'exploitation UNIX, ces machines permettent, en outre, d'éviter les coûts de développement de nouveaux logiciels, puisqu'elles peuvent utiliser tous les progiciels compatibles UNIX. L'arrivée des micro-ordinateurs 32-bits, construits autour des microprocesseurs 80386 d'Intel et 68030 de Motorola, ont amplifié la diffusion de ces systèmes. *Pour les constructeurs, cela signifie que, à l'avenir, les environnements informatiques multivendeurs*

(c'est-à-dire regroupant des matériels provenant de différents producteurs) seront la règle. Par conséquent, les clients réclament des interconnexions souples et universels pour relier leurs stations de travail entre elles ou avec des grands systèmes. les réseaux locaux (Local Area Network ou L.A.N.) ouverts (et universels) deviennent l'enjeu de la compétition.

44. L'évolution technologique a transformé le matériel informatique en "produit" que les acheteurs peuvent acheter à un prix modéré et installer en fonction de leurs besoins. C'est ainsi une des principales caractéristiques de l'informatique qui disparaît, car, avant la prolifération des micro-ordinateurs produits en série, chaque fabricant disposait de sa propre architecture de système et de ses propres logiciels. *Après avoir acheté le matériel d'un constructeur, le site était "verrouillé" (locked in) puisque les logiciels et les périphériques ajoutés aux systèmes ne pouvaient pas être transférés sur une autre machine.* Bien entendu, les constructeurs prenaient leurs marges sur ces deux produits. Dès lors, un producteur dominant d'unités centrales pouvaient établir *de facto* sa domination dans les périphériques et les logiciels. L'observation des résultats des groupes de l'informatique, en 1987, laisse entrevoir cet ancien état de fait puisqu'il existe encore, pour les producteurs d'ordinateurs universels, une certaine proportionnalité entre les parts de marché détenues dans chaque domaine (Mainframe, périphérique, logiciel). I.B.M., Unisys, Fujitsu, Bull ou S.T.C. (ex. I.C.L.) sont présentes dans chaque domaine cité (tableau 3-12). En choisissant des petits systèmes, les utilisateurs peuvent éviter d'être ainsi enfermés.

45. La diffusion massive des micro-ordinateurs a ramené l'informatique à une industrie de marchandises assez ordinaires et a réintroduit la concurrence par les prix. *Alors que les ventes de micro-ordinateurs représentent une part croissante de leurs revenus, les producteurs d'ordinateurs universels deviennent vulnérables.* Sans être en danger, la firme I.B.M. présente des résultats décevants : une croissance de 5,9 % en 1987, et une diminution de son bénéfice net de 18 % au second trimestre 1988 à cause des restructurations entreprises. Les firmes, ayant développé des logiciels propres, s'efforcent d'acquérir une expertise en communication en rachetant des sociétés indépendantes de logiciels ou en collaborant avec elles.

46. Malgré des baisses de prix importantes sur ses Personal Computer (P.C.), I.B.M. n'a pas pu maintenir sa part de marché qui est tombée de 71 % en 1984 à 34 % en 1986 selon Dataquest. *Afin de se tenir à l'écart d'un marché qu'elle maîtrisait mal, la firme d'Armonk s'est efforcée de proposer un P.C. difficile à imiter et avec un système d'exploitation propre, le P.S./2.* Livré à partir d'octobre 1987, dans sa version Model 80, le P.S./2 a entraîné avec lui la croissance du marché. La détermination d'I.B.M. à endiguer la montée des compatibles pour ce modèle est visible. La société dispose de tests de compatibilité qui lui permettront de découvrir les "clones" qui portent atteinte

Tableau 3-12 : Les positions des vingt premiers groupes mondiaux de l'informatique selon les segments de marché en 1987 (C.A. informatique uniquement)

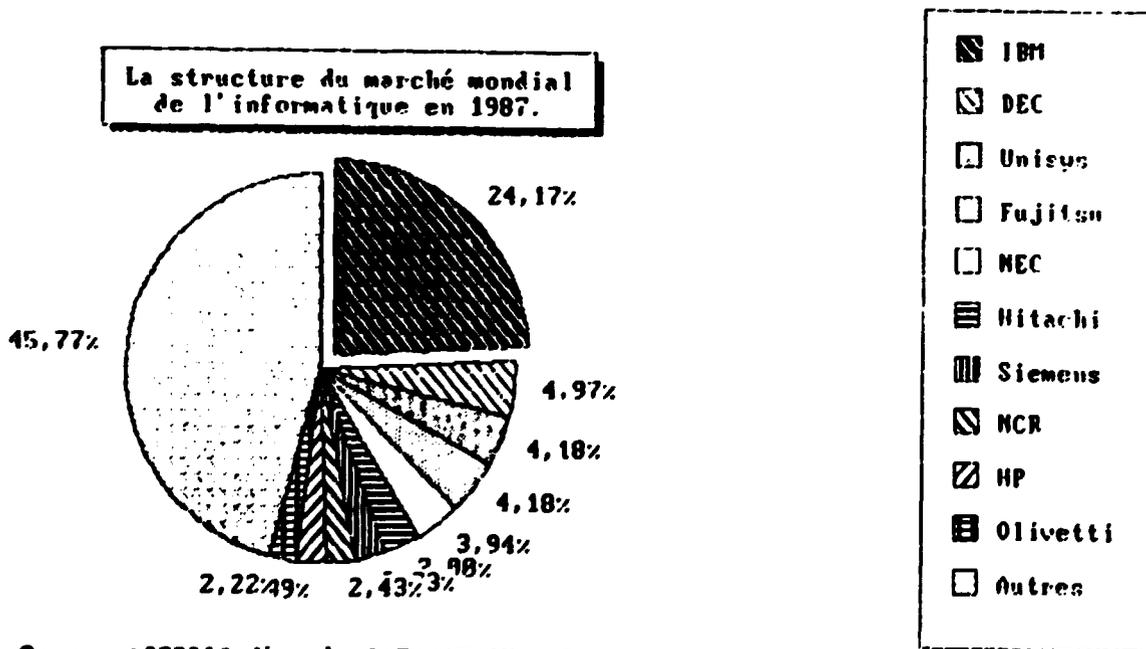
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)		
Millions de dollars Mainframe	Mini	Micro	Periph.	Logiciels	Autres	Total							
1 IBM	11192	46,52%	3200	28,85%	7507,7	42,66%	8725	24,17%	6836	51,63%	12424	50485,7	33,70%
2 Digital Equipment		0,00%	3246,4	21,80%	50	0,30%	2764,7	7,66%	911,1	5,22%	3637,1	10391,3	7,25%
3 Unisys Corp.	1427	3,93%	426	2,86%	1075	6,34%	1307	3,62%	1163	8,75%	3344	8742	6,19%
4 Fujitsu Ltd	3318,2	13,79%	804,3	5,40%	463,2	2,82%	2154	6,00%	515,9	3,70%	1474,3	3740	2,82%
5 NEC Corp	3082	12,81%	157,5	1,06%	933,2	5,68%	2270,1	6,29%	678	4,11%	1111,7	2820,9	2,18%
6 Hitachi Ltd	1850,4	7,69%		0,00%	131,4	0,80%	3326,2	8,41%	448,8	2,75%	806,9	2037,7	1,54%
7 Siemens AG	695,5	2,89%	311,6	2,09%	237,2	1,46%	1502,3	4,16%	350,8	2,16%	2403,6	5707	4,05%
8 NCR Corp	200,3	0,83%	483,4	3,24%	341	2,08%	1806,4	5,01%	140,6	1,06%	2102	5075,7	3,93%
9 Hewlett Packard		0,00%	1221	8,15%	499	3,04%	1735	4,81%	415	2,14%	1130	3000	2,24%
10 Olivetti Spa	95,8	0,40%	602,9	4,05%	1176	7,16%	825,5	2,37%	347,9	2,63%	1526,1	4673,2	3,56%
11 Toshiba Corp.		0,00%	919,6	6,17%	800	4,87%	961,1	2,66%		0,00%	760,6	3441,3	2,43%
12 Wang Labs		0,00%	909,8	6,10%	213,2	1,30%	567	1,57%	229	1,70%	1130,7	3045,7	2,15%
13 Apple Computer		0,00%		0,00%	2269,2	13,81%	700	1,94%	72	0,54%	0	3041,2	2,15%
14 Groupe Bull	962,8	4,00%	195,3	1,30%	193,3	1,19%	1172,1	3,25%	133,3	1,46%	282,7	3007,5	2,13%
15 CDC	310	2,12%	20	0,1%		0,00%	374,5	1,07%	110	0,83%	156,4	3000,9	2,12%
16 Nixdorf Computer	128,1	0,53%	566,6	3,8%		0,00%	1230,6	3,47%	405,6	3,07%	470,1	2621,5	1,90%
17 Matsushita Electric		0,00%	29,5	0,1%	436,7	2,66%	1165,1	3,28%		0,00%	977,2	2626,5	1,85%
18 M. Phillips		0,00%	375,2	2,52%	197,5	1,20%	639,2	1,77%	162,9	1,23%	1026,8	2601,6	1,84%
19 Verax Corp.		0,00%		0,00%	400	2,44%	1560	4,22%	75	0,57%	360	2415	1,71%
20 STC Fic	596,8	2,48%	333,7	2,24%		0,00%	715	1,98%	207	1,56%	271,4	2123,9	1,50%
TOTAL	24059,9	100,00%	14907,8	100,00%	16425,7	100,00%	36953,1	100,00%	13236,1	100,00%	36657,6	141406,2	100,00%
GF-20 TOTAL	26900	86,44%	21700	68,58%	23600	69,60%	53200	67,84%	17000	77,86%	36687,6	206900	75,00%

Source : GERDIC d après DATAMATION, 15 juin 1988.

à ses brevets. Toutefois, la croissance du marché et le besoin de développer de nouvelles applications ont été telles qu'I.B.M. a dû accorder des licences de production à des firmes concurrentes comme TANDON. Toutefois, les usagers refusent de se soumettre à un seul constructeur, d'autant plus que des firmes concurrentes, comme COMPAQ, proposent depuis longtemps des machines 32-bits parfaitement compatibles avec les autres P.C. sous M.S.-D.O.S. ou sous UNIX.

47. Dans ce contexte, les producteurs dominants sont amenés à accélérer le pas technologique, à raccourcir le cycle vital de leurs produits et à définir rapidement les normes d'interconnection. Les firmes ayant leurs standards propres comme D.E.C., I.B.M. ou APPLE, résistent aux normes qui ouvriraient leurs systèmes et les soumettraient du même coup à la concurrence. C'est pourquoi l'on assiste à des rapprochements (D.E.C.-I.B.M., D.E.C.-APPLE) pour tenter d'intégrer les machines de l'un dans les réseaux de l'autre. Avec les faibles marges inhérentes au matériel, la compétition va s'exercer de plus en plus dans le logiciel et, surtout, dans les réseaux et les noeuds de réseaux (C. LEWIS, 1987, p. 84). Pour I.B.M., comme pour les producteurs d'ordinateurs universels, le défi consiste à transformer leurs machines en chef d'orchestre du réseau de l'entreprise.

Graphique 3-3



1.3.2 Logiciel : la consolidation

48. Le marché du logiciel et des services informatiques est directement soumis aux restructurations à l'oeuvre dans l'informatique. Les utilisateurs sont à la recherche de progiciels intégrés préservant les investissements passés en s'avérant compatibles et offrant des interfaces conviviaux avec l'utilisateur. La large variété de matériels exige de tenir compte de différents processeurs et de différentes architectures au sein de réseaux hétérogènes. La transparence des systèmes est loin d'être acquise mais deux perspectives s'offrent à cette industrie. D'abord, le développement d'architectures qui disposent d'interfaces pour les applications avec une large gamme d'autres machines, ensuite, le développement d'architectures qui facilitent la connection horizontale entre les ordinateurs d'un service. Les contraintes sont de deux ordres : une parfaite compatibilité avec les normes du Réseau Numérique à Intégration de Services (R.N.I.S.) et celles de l'O.S.I. (cf. 1.3.1.). La complexité croissante des logiciels proposés amène une révision de la structure commerciale des vendeurs qui doit être à la fois verticale (par type d'usager) et horizontale (par technique).

49. Cette tendance a fait passer, dans bien des cas, les coûts de commercialisation devant toutes les autres dépenses des S.S.I.I., y compris celles de R-D. Ainsi lorsque LOTUS a lancé son progiciel SYMPHONY et sa nouvelle version des 1.2.3, les coûts commerciaux ont atteint 20 % du chiffre d'affaires. A défaut, le produit n'intègre pas le réseau mondial des détaillants. Comme dans l'informatique, le logiciel devient une marchandise, ne demeure plus une petite merveille technologique et n'exclut pas les spots télévisés. Parallèlement, la formation et l'information des détaillants exigent des budgets croissants. Le marché s'organise et les directeurs commerciaux s'efforcent d'élargir le portefeuille de produits des sociétés dominantes pour maintenir leur croissance alors que leurs logiciels classiques arrivent au stade de maturité.

50. Des difficultés nouvelles s'accumulent pour cette industrie qui s'est développée, dans les années 70, grâce aux créations d'entreprises nouvelles (ASHTON-TATE est fondée en 1981). Aux Etats-Unis, les fonds de retraite qui constituaient jusqu'à présent une source régulière de capital-risque se sont évanouis depuis le krack boursier. Les créations de jeunes sociétés risquent d'être limitées par ce phénomène alors que, simultanément, des firmes à capitaux privés sont obligées de différer leur entrée en bourse. Il reste aux firmes peu de choix, soit sortir de l'industrie, soit accepter d'être achetée ou de fusionner. Le mouvement est à l'oeuvre puisque pendant les neuf premiers mois de 1987, il y a eu, aux Etats-Unis seulement, 65 fusions ou acquisitions dans l'industrie des logiciels et services informatiques pour 1,78 milliards de dollars, mais il s'accélère en 1988. ainsi Thomson-C.S.F. a racheté la

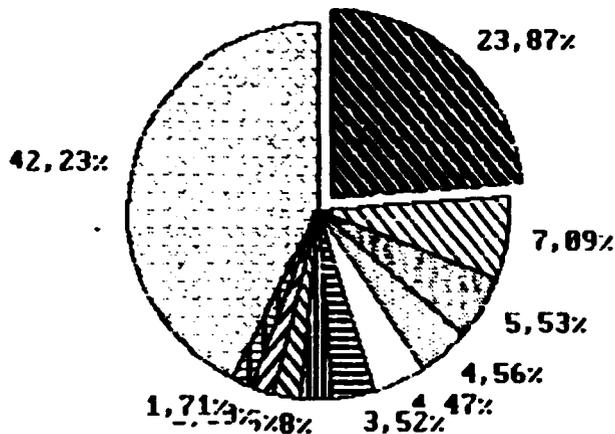
division S.I.I. de DUN et BRADSTREET , CAP GEMINI SOGETI a lancé une O.P.A. sur la plus importante S.S.I.I., DATALOGIC et a pris 51 % du capital de la S.E.S.A., 36 % de la C.I.S.I. et 28 % de CAP GROUP, WANG a acquis G.I.S.

51. De leur côté, les producteurs de matériel voient s'effondrer les marges de leurs matériels, et réussissent à les maintenir dans le logiciel. En outre, le logiciel permet de différencier les systèmes entre les producteurs de machines, mais aussi de différencier ces derniers des S.S.I.I. indépendantes (Independent Software Vendors ou I.S.V.). Un retour au tableau 3-12 montre le poids relatif du C.A. logiciel des grandes firmes : 13,5 % pour I.B.M., 13,3 % pour Unisys, 6 % pour BULL. Et ces données ne tiennent pas compte des services qui figurent dans le poste "Autres". Si on les prenait en compte, le ratio s'établirait à 15,2 % pour I.B.M., 26,1 % pour Unisys, 10,5 % pour N.C.R., 14,5 % pour WANG et 33,5 % pour C.D.C. Les analystes prévoient que les revenus logiciels des principaux fabricants d'ordinateurs devraient croître de 20 à 30 % par an jusqu'au début des années 90 (M.J. FOLEY, 1988, p. 86). Il s'agit d'un défi pour des compagnies structurées pour vendre du matériel, c'est pourquoi, plutôt que d'accentuer la compétition à l'égard des I.S.V., elles tentent de coopérer.

52. Les rapports d'I.B.M. avec Microsoft montrent bien combien la micro-informatique a exigé de révisions stratégiques par les fabricants. Proposant désormais des solutions intégrées à l'utilisateur, ils deviennent peu à peu des "producteurs de services". Pour ce faire, ils doivent multiplier les alliances. Celles-ci empruntent différentes formes. Certaines consistent en contrats exclusifs de distribution, comme l'accord I.B.M.-HOGAN SYSTEMS ou D.E.C.-N.C.R. D'autres optent pour des accords de commercialisation comme HEWLETT-PACKARD avec COMPUTER SOLUTIONS ou des arrangements informels. A la recherche de relations durables, les constructeurs sont souvent tentés d'opérer le rachat des S.S.I.I., mais dans les hautes technologies, nous l'avons vu, ce choix est risqué compte-tenu du très important taux de rotation de la main-d'oeuvre. Il reste que les S.S.I.I., elles-mêmes, se regroupent par ce moyen comme Microsoft rachetant Forethought, ou Ashton-Tate acquérant Decision Resources. Le double mouvement des accords et des fusions est, donc, à l'oeuvre qui devrait amener une redéfinition de la structure industrielle, encore très concurrentielle de cette branche (graphique 3-4).

Graphique 3-4

La structure du marché mondial des logiciels et services informatiques en 1987



- IDM
- ▨ Unisys Corp.
- ▩ TRW
- ▤ ADP
- EDS
- ▧ Computer S.
- ▦ CDC
- DEC
- ▥ NEC Corp.
- ▣ Siemens AG
- ▩ Autres

Source : GERDIC d'après DATAMATION, 15 juin 1980.

1.3.3. Télécommunications : les enjeux du R.N.I.S.

53. La déréglementation d'A.T.T. aux Etats-Unis en janvier 1984 a constitué une sorte de référence pour l'industrie des télécommunications. Ses effets, qu'il demeure prématuré de vouloir évaluer entièrement, ont surtout été d'introduire la concurrence par les prix dans les équipements de télécommunications et d'accélérer l'établissement du Réseau Numérique à Intégration de Services (R.N.I.S.). Achevé, le R.N.I.S. permettra de transmettre simultanément la voix, des données et des images numérisées. Les interfaces doivent naturellement être définis au moyen de normes mondiales sur lesquelles travaille le C.C.I.T.T. Beaucoup de manoeuvres ont lieu autour du R.N.I.S. et les Bell Operating Companies, les anciens exploitants locaux d'A.T.T. manoeuvrent très vite. A.T.T., de son côté, s'efforce d'adapter son commutateur numérique 5 E.S.S. au R.N.I.S. ; le premier essai fut réalisé à Chicago en 1986. Les géants européens tentent à leur tour de faire fructifier l'avance que les P.T.T. nationales leur ont offerte. La plupart des constructeurs européens (Siemens, Philips, Ericsson, Plessey) disposent de prototypes depuis 1985.

54. La frénésie des groupes autour de ce projet s'explique par l'effondrement de la croissance du marché de la commutation publique et privée. Pour faire face à cette conjoncture maussade, les groupes se sont rapprochés. Northern Telecom a élargi sa gamme d'équipements de transmission au moyen de la création d'une filiale commune avec Standard Telephone and Cables (S.T.C.) qui racheta avec General Electric Cy (G.E.C.). En outre, Plessey a racheté la société américaine Stromberg-Carlson qui lui ouvre le marché des Etats-Unis. Siemens A.G., après avoir racheté à G.T.E., la firme Transmission Systems, en 1987, a pris une participation dans la firme britannique Northern Telecom. Enfin, plus spectaculaire, la cession de la branche telecom d'I.T.T. à la C.G.E. en 1987 montre les tensions à l'oeuvre sur ce marché. La multiplication des accords et des alliances, révélatrice d'une restructuration imminente, caractérise donc autant cette branche que les précédentes (tableau 3-13).

55. I.B.M., elle-même, n'ignore pas l'évolution vers le réseau intelligent. En juin 1985, elle rachète les 40 % de parts de Satellite Business Systems, qui lui manquaient. Puis acquiert 26 % du capital du principal concurrent d'A.T.T. dans les communications à longue distance, M.C.I. Elle cède S.B.S. à cette dernière, après en avoir épongé les dettes. Simultanément, elle signe des accords avec Siemens A.G. ou L.M. Ericsson pour développer des interfaces entre ses ordinateurs et leurs commutateurs respectifs. En outre, dans le cadre d'accords avec United Telecommunications Corp et, bien sûr, de M.C.I. Communications elle s'efforce de définir les logiciels pour les points nodaux, c'est-à-dire les noeuds de réseaux qui contiendront les bases de données pour les services à valeur ajoutée qui seront offerts par les exploitants de réseaux ou par des firmes indépendantes. Toutefois, la cession, en juillet 1988, des parts d'I.B.M. dans M.C.I. manifeste un retrait d'I.B.M. du domaine des télécommunications (mais pas des réseaux) pour renforcer ses positions dans l'informatique (cf. 1.3.1).

56. Dans le sillage du R.N.I.S., l'industrie des semi-conducteurs (S.C.) attend des retombées considérables. La plupart des fabricants ont proposé en 1985 ou 86 des prototypes de S.C. Les télécommunications représentent, il est vrai, 20 % du marché mondial des circuits intégrés et le segment des S.C/R.N.I.S. est promis à une très forte croissance ; il a déjà triplé aux Etats-Unis entre 1982 et 1985, atteignant 1,6 milliard de dollars. A.T.T. a déjà signé des accords avec MOTOROLA pour un circuit capable de gérer certaines fonctions de gestion de réseaux. D'un coût initial élevé, ces circuits devraient passer d'un prix de 25 \$ à environ 1,5 \$ compte-tenu de l'effet d'expérience.

Tableau 3-13

**UNE FLORAISON D'ACCORDS PONCTUELS...
... DE COMPATIBILITE INFORMATIQUE/TELECOMS
(OU DE COMMERCIALISATION)**

APPLE	Northern Telecom	1985	Couplage de système d'autocommunication privé Meridian de Northern avec le Mac Plus d'Apple
	Ericsson	Juil. 1986	Concession produits Apple aux produits Ericsson
BULL	Joumout Schneider	1986	Concession des produits Bull aux autocommutateurs Joumout Schneider
COMPAG	GTE	1985	Accord de commercialisation de Telecompaq Computer
	Siemens Pacific Telesis	1985	Tel plus communication commercialisera Telecompaq, c'est une joint-venture Siemens, Pacific Telesis, Compag
DEC	Northern Telecom		Concession entre le matériel DEC et Northern
	Ericsson	Sept. 1986	Intégration des systèmes VAX et des produits bancaires Ericsson
NEWLETT- PACKARD	ATT	1985	Concession produits Hewlett-Packard PAEX d'ATT et de Telettra
	Telettra		
HONEYWELL	Ericsson	Juin 1983	Joint-venture pour réaliser un PAEX intégrant voix données, le Delta. Flex 2000, matériel vendu dès 1984
ICL	Mitel	1982	Accord commercial, les PAEX Mitel sont intégrés à l'offre bureautique d'ICL
NIXDORF	Hagomuk (Satzgitter)	Avril 1986	Hagomuk développera et fabriquera des téléphones pour Nixdorf
OLIVETTI	Northern Telecom	1981	Accord de commercialisation des autocommutateurs privés de NT en Italie. Résilié lors de la signature de l'accord avec ATT
SPEERY	Northern Telecom	1984	Accord commercial, les systèmes de Northern sont intégrés à l'offre de Sperry
WANG	ATT	1984	Coopération avec ATT pour développer des interfaces de documents
	Northern Telecom	1984	Coopération pour connecter le réseau Northern aux produits Wang
	Ericsson	Mai 1986	Concession produits Wang aux produits Ericsson

... DE PRISES DE PARTICIPATION EN PRODUCTION ...

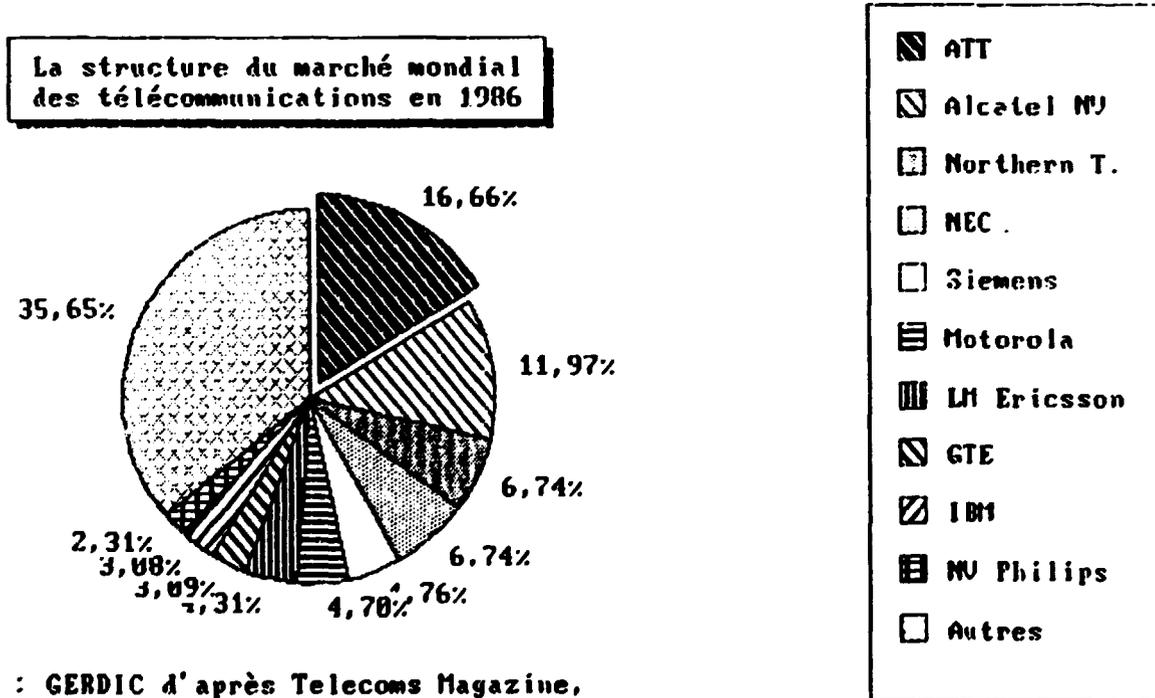
FUJITSU	GTE	Déc. 1986	Joint venture: Fujitsu GTE Business Inc: 80 % Fujitsu 20 % GTE. Fabrication et commercialisation de matériel télécommunications privé.
		1 ^{er} avril 1987	
ICL	STC	1985	Acquisition d'ICL par Standard Telephone & Cable (STC) filiale britannique à 24 % d'ITT
OLIVETTI	ATT	1983	Distribution exclusive par Olivetti en Europe des produits ATT (téléphone privé et téléphone de bureau)
		Sept. 1986	Olivetti fabriquera dans ses usines une version adaptée au marché européen des PAEX système 75 d'ATT. Elle sera commercialisée en Italie puis dans le reste de l'Europe
WANG	Intecom	Mai 1984	Wang acquiert 35 % dans Intecom fabricant de PAEX voix données
	Telenova	Août 1985	Participation de 15 % de Wang dans Telenova, fabricant de PAEX de 10 à 100 lignes

... OU DANS LES RESEAUX A VALEUR AJOUTEE

BULL	General Electric	1986	Accord en discussion
ICL	Mercury	1986	Réseau transmission de données. 75 % Cable & Wireless (Mercury), 25 % STC (ICL)
	Geisco (GE)		Réseau à valeur ajoutée: entre sur le marché américain
OLIVETTI	EDS	Mars 1987	Fourniture de systèmes intégrés de gestion et de production aux industries

57. Insuffisamment concentré aux yeux de beaucoup d'observateurs, l'industrie des télécommunications doit être restructurée. Dans la commutation publique, le phénomène est amorcé. Ainsi, G.E.C., Plessey et S.T.C. se sont coalisées pour développer le commutateur Système X. G.T.E. et ITALTEL travaillent ensemble sur l'U.T.-10 Proteo. Progressivement, il y a oligopolisation de l'offre. On s'oriente même vers une structure duopolistique sur les grands marchés, (A.T.T.-Northern Tel. aux Etats-Unis, Plessey-Ericsson en Grande-Bretagne, Siemens-S.E.L. en R.F.A.). Selon G. DANG NGUYEN, l'industrie des télécommunications, après une longue phase d'immobilisme, aurait entamé une restructuration majeure. La constitution du R.N.I.S. représente pour les P.T.T. européennes, voire japonaises (N.T.T.), une arme anti-déréglementation qui permet d'éviter l'anarchie concurrentielle. Mais les constructeurs cherchent l'expansion sur les marchés extérieurs tout en souhaitant maintenir leurs liens privilégiés avec les exploitants nationaux (G. DANG NGUYEN, 1987, pp. 35-36). C'est dans ce contexte que les alliances seront consolidées ou dénoncées, amenant dans ce dernier cas une multiplication de fusions, alors préférées à des alliances fragiles.

Graphique 3-5



1.3.4 Electronique grand public (E.G.P.) : de nouvelles perspectives

58. Les principales firmes de l'E.G.P., au niveau mondial, sont les firmes japonaises. Matsushita est la firme la plus importante de la branche mondiale, son chiffre d'affaires en produit de l'électronique grand public représente 16 % du chiffre d'affaires total des cinquante premières firmes de la branche, en 1986 (tableau 3-14). Elle est suivie par Philips dont le chiffre d'affaires est inférieur de moitié. Sur les dix premières firmes de la branche, sept sont japonaises.

59. Les firmes leaders sont principalement des firmes des pays développés. Cependant, nous constatons dans le tableau qu'il existe six firmes de nouveaux pays industrialisés. Trois firmes de Corée du Sud ont des places honorables dans les cinquantes premières firmes de la branche : Lucky Gold STAR en 17^e position, SAMSUNG en 20^e position et DAEWOO en 27^e position. Lucky Gold STAR fabrique des produits de l'électronique grand public et elle a introduit de nouvelles technologies dans ses produits électroménagers. SAMSUNG est un conglomérat dont 10 % du chiffre d'affaires est réalisé dans les produits grand public. La branche de la domotique fut l'une des voies d'entrée dans la production de la branche électronique pour les firmes des pays en développement dans les années 60 et 70. La concurrence forte entre les firmes au niveau mondial et l'automatisation qui entraîne la nécessité de produire en très grandes séries forment des barrières à l'entrée de plus en plus importantes pour ces firmes.

60. Les firmes de la domotique sont des firmes qui travaillent dans l'électronique grand public, mais aussi dans l'électroménager, du fait de l'introduction de plus en plus fréquente de composants électroniques dans les produits blancs. Ainsi, l'industrie de l'électroménager représente un vaste marché pour les composants électroniques tels que les microprocesseurs, les horloges, et les senseurs (cf. chap. V). On estime qu'entre 1,5 million et 3 millions d'appareils électroménagers utilisent un type de contrôle électronique, ce qui représentait, seulement, 5 à 10 % des appareils, en 1987.

61. La juxtaposition de productions différentes ne s'organise pas de façon aléatoire, certaines configurations industrielles sont plus fréquentes que d'autres. La première configuration est la spécialisation dans les produits de l'électronique grand public. C'est le cas de firmes telles que SONY et PIONEER, il s'agit de quelques firmes japonaises. La seconde configuration est la spécialisation dans la domotique. C'est le rapprochement de l'audiovisuel grand public et de l'électroménager dans le cadre de firmes résolument orientées vers le marché grand public : General Electric. La troisième configuration est celle de firmes engagées sur différents segments de la branche électronique telles que Sharp qui fabrique du matériel de bureau et des produits grand public, et de CASIO orientée vers l'informatique.

Tableau 3-14

C.A. GRAND PUBLIC EN MS 1986

RG	FIRMES	PAYS	G.P.	% TOT	% CUM	% LEADER
1	MATSUSHITA	JAP	11200	16	16	100
2	PHILIPS	P-B	6900	10	25	62
3	SONY	JAP	6300	9	34	56
4	SANYO FISHER	JAP	5800	8	42	52
5	HITACHI	JAP	4500	6	49	40
6	GE-RCA	USA	3500	5	54	31
6	TOSHIBA (GE)	JAP	3500	5	59	31
8	SHARP	JAP	2300	3	62	21
9	THOMSON	FRA	2200	3	65	20
10	PIONEER	JAP	2000	3	68	18
10	SEIKO	JAP	2000	3	70	18
12	MITSUBISHI ELECTRIC	JAP	1400	2	72	13
12	THORN-EMI	G-B	1400	2	74	13
14	GENERAL MOTORS	USA	1300	2	76	12
15	ZENITH	USA	1230	2	78	11
16	CASIO	JAP	1200	2	80	11
17	BOECH	HFA	1100	2	81	10
17	LUCKY GOLD STAR	COR	1100	2	83	10
17	NEC (SUMITOMO)	JAP	1100	2	84	10
20	CLARION	JAP	1000	1	86	9
20	SAMSUNG	COR	1000	1	87	9
22	FORD	USA	900	1	88	8
23	SMH	SUI	650	1	89	5
24	AMSTRAD	GB	600	1	90	5
25	CITIZEN	JAP	550	1	91	5
25	TRIO KENWOOD	JAP	520	1	92	5
27	AKAI (MITSUBISHI)	JAP	500	1	92	4
27	CGE (1)	FRA	500	1	93	4
27	DAEWOO	COR	500	1	94	4
27	NIPPON COL (HITA)	JAP	500	1	94	4
31	AIWA (SONY)	JAP	400	1	95	4
31	CHRYSLER	USA	400	1	96	4
31	FUJITSU	JAP	400	1	96	4
34	EMERSON RADIO	USA	380	1	97	3
35	NOKIA	FIN	350	0	97	3
36	LITTON	USA	300	0	98	3
36	SANSUI	JAP	300	0	98	3
38	GENERAL CORP.	JAP	200	0	98	2
38	HONEYWELL (1)	USA	200	0	99	2
38	TANDY	USA	200	0	99	2
38	TATUNG	FOR	200	0	99	2
42	DIEHL	HFA	130	0	99	1
43	ASEA-ELECTROLUX	SUE	100	0	99	1
43	TEAC	JAP	100	0	100	1
45	HASLER/AUTOPHON (1)	SUI	70	0	100	1
46	TADIRAN (KOOR)	ISR	60	0	100	1
47	ELECTRONSKA IND.	YU	50	0	100	0
47	LEAR SIEGLER	USA	50	0	100	0
47	CNRON TADEI	JAP	50	0	100	0
50	ISKRA	YU	30	0	100	0
	TOTAL		71220	100		636

La quatrième configuration est la diversification des firmes dans la branche électronique. Ces firmes fabriquent aussi bien des produits électroniques professionnels ou militaires que du grand public : Philips et Thomson par exemple. Enfin, la cinquième configuration industrielle que l'on rencontre dans les firmes de la domotique est la diversification dans d'autres branches d'activité telle que l'automobile. C'est le cas de General Motors, Bosch et Ford. Il s'agit généralement de firmes américaines.

62. Depuis le milieu des années 70, on assiste, dans la branche mondiale de la domotique, à une concentration de la production mondiale au Japon qui entraîne des fusions de firmes dans les autres pays comme General Electric et R.C.A., Telefunken et Thomson, puis la division E.G.P. de R.C.A. vendue à Thomson. On assiste enfin à l'émergence des firmes des nouveaux pays industrialisés essentiellement de Corée du Sud et de Yougoslavie. *Ces manoeuvres ont lieu alors que les produits de la domotique se complexifient et s'adressent à des acheteurs plus sophistiqués.* La T.V. couleur, autrefois solitaire au milieu du salon, devient un produit audio-vidéo intégré avec magnétoscope et peut devenir un terminal de Télétex. Simultanément, la réduction soutenue du prix des S.C. et l'amélioration de leurs performances vont offrir aux industriels de l'E.G.P. une opportunité de croissance en proposant de nouveaux produits aussi porteurs que la T.V., dans les années 60, ou le magnétoscope aujourd'hui. C'est aussi une opportunité pour les producteurs européens ou nord-américains naufragés par les offensives japonaises.

1.3.5 Composants : les grands chambardements

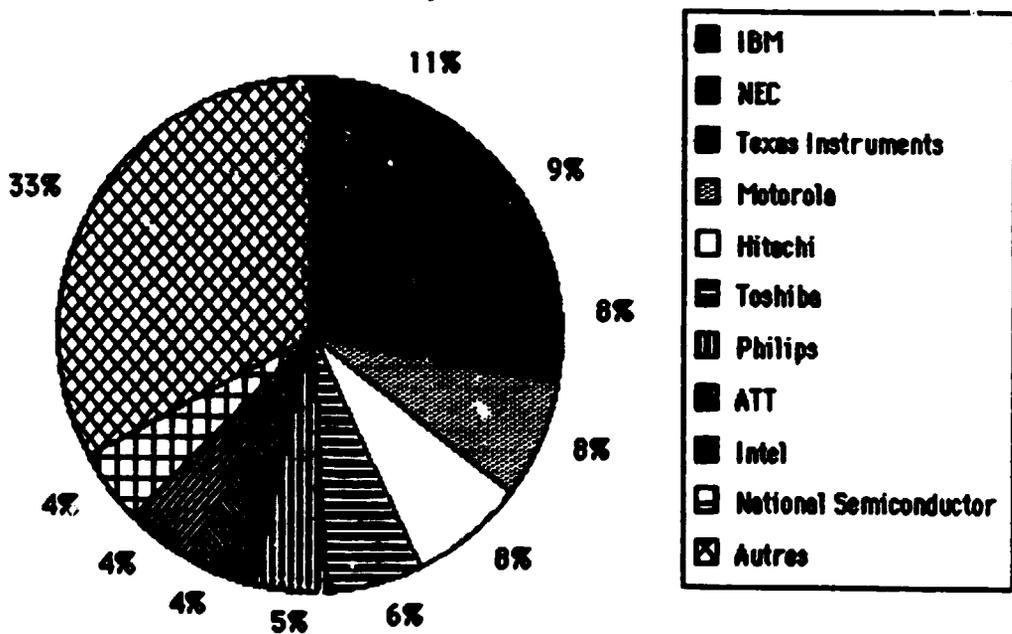
63. L'industrie des composants est largement dominée par les constructeurs japonais, parmi les quinze firmes leaders, on trouve 9 firmes japonaises, 5 firmes américaines et seule la présence de Philips sauve la mise pour l'Europe. La caractéristique du marché des composants est qu'il s'agit des produits intermédiaires de l'industrie électronique, pouvant être utilisés par un grand nombre de branches en aval. Le tableau 3-15 nous donnant le chiffre d'affaires des composants n'est donc pas suffisant pour nous indiquer la domination réelle des firmes. Pour avoir une vue exhaustive du marché des semi-conducteurs, il faut pouvoir estimer le marché captif de tous les utilisateurs.

64. Si l'on s'intéresse au marché des semi-conducteurs (qui représentent environ la moitié des composants, on voit (graphique 3-6) que les firmes américaines sont plus présentes qu'il n'y paraît dans le tableau 3-15. En effet, I.B.M. est le plus gros producteur de semi-conducteurs avec une production captive (11 % du marché) et A.T.T. en détient 4 % mais l'observation du seul marché commercial révèle combien les

firmes japonaises ont récemment bouleversé la structure du marché mondial (graphique 3-7).

Graphique 3-6 : La structure du marché mondial des semi-conducteurs en 1985 (productions captives comprises)

Semi Conducteurs 1985 : 28 B \$



Source : GERDIC

65. L'industrie des composants par sa diffusion dans toutes les branches de l'industrie électronique a donc un caractère stratégique primordial. Parmi les caractéristiques structurelles de cette industrie (et notamment des semi-conducteurs) on doit retenir *l'importance de l'effort de recherche-développement, son caractère de plus en plus capitalistique* et donc la nécessité des alliances internationales entre entreprises. Dans une industrie caractérisée par un rythme extrêmement soutenu d'innovation, le niveau des dépenses de R-D est un des critères de compétitivité de première importance. Dans un environnement international qui favorise la diffusion des innovations, donc également l'obsolescence accélérée des générations de produits, le R-D dans les domaines de la technologie des produits et des processus de fabrication fonctionne comme une barrière à l'entrée de plus en plus contraignante, le marché international des semi-conducteurs était aujourd'hui structuré autour des grands groupes de l'électronique et de l'informatique essentiellement. L'accès à la technologie est donc indispensable pour qui veut garder une part de marché importante ou même survivre. Le caractère stratégique de la recherche-développement permet de comprendre, là aussi, les alliances nécessaires entre sociétés et la concentration qui en découle. En effet, la maîtrise de l'innovation technique ne suffit pas, pour assurer à une entreprise une position dominante. Dans un contexte où la protection par brevets ou les copyrights n'est pas suffisamment efficace, les alliances permettent de déléguer la tâche de répondre à la demande des clients pour se concentrer sur l'innovation permanente des partenaires.

66. Quant à la fabrication, l'industrie des semi-conducteurs était encore, il y a quinze ans, une industrie de main-d'oeuvre, ce qui explique les investissements des groupes américains dans les pays à bas salaires pour les phases d'assemblage et d'encapsulation (cf. 1.2.). Depuis le début des années 80, les entreprises japonaises et nord-américaines s'automatisent rapidement afin d'augmenter la qualité des produits et de réduire les coûts de production. En outre, profitant des synergies entre les activités semi-conducteurs de certains groupes et leur activité dans le domaine de l'automatisation, elles mettent en place des systèmes flexibles d'assemblage. Ainsi, elles améliorent leur productivité et elles testent en sites réels leur équipements de fabrication. Parmi les groupes électroniques qui utilisent leurs propres matériels automatiques, on peut citer I.B.M., General Electric, Hitachi, Toshiba, Mitsubishi Electric, Fujitsu et Matra. L'industrie des semi-conducteurs devient donc de plus en plus capitalistique, ce qui contribue à augmenter les besoins de financement des producteurs et constitue une barrière à l'entrée considérable. On estime en effet que l'investissement nécessaire pour générer un dollar de C.A. est passé de 0,2 \$ en 1972 à 0,5 \$ en 1982.

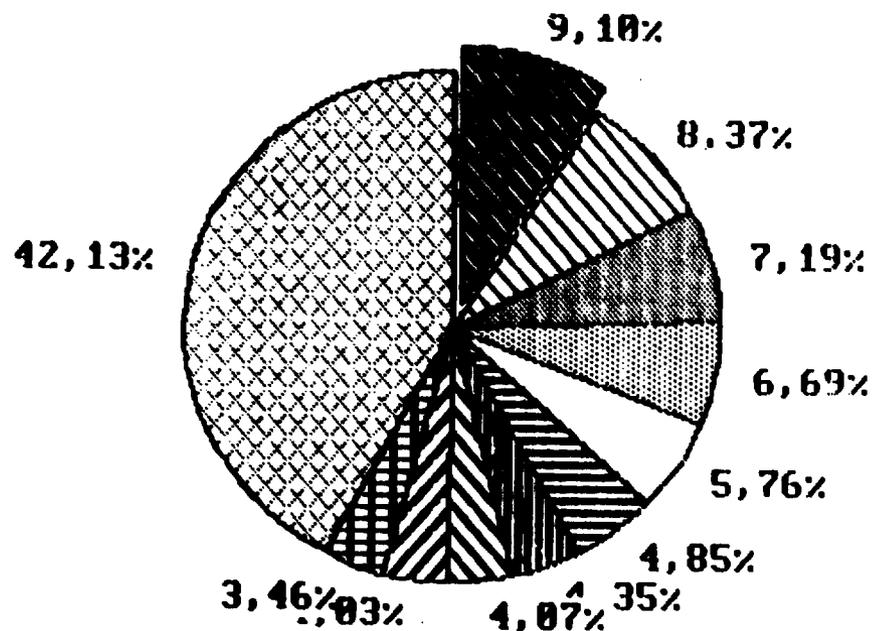
67. Le succès des firmes japonaises s'explique par la maîtrise de ces variables, alors qu'il y a à peine dix ans la domination américaine était écrasante. Les firmes japonaises ont bouleversé la structure du marché mondial en réalisant leurs avantages compétitifs. Ainsi, leur intégration est très poussée et la fabrication de semi-conducteurs ne représente pas plus de 20 % de leur chiffre d'affaires. Par ailleurs, elles privilégient les investissements productifs (automatisation, augmentation de la productivité et de la qualité). Elles choisissent avec précision leurs branches d'activité et optent de préférence pour les marchés de masse plutôt que les "niches" technologiques à haute valeur ajoutée. Appartenant à des groupes financiers, elles peuvent se financer par un endettement à long terme supérieur à celui de leurs concurrentes américaines. Enfin, leurs politiques d'alliances internationales leur permet, en s'appuyant sur leurs compétences, d'acquérir des technologies de produit et d'accéder directement au marché nord-américain.

Tableau 3-15

C.A. COMPOSANTS EN MS 1986

RG	FIRMES	PAYS	COMP.	% TST	% CUM	% LEADER
1	MATSUSHITA	JAP	3100	5	5	100
2	PHILIPS	P-B	3000	5	10	87
3	NEC (SUMITOMO)	JAP	2800	5	15	90
4	TOSHIBA (GE)	JAP	2600	4	19	84
5	HITACHI	JAP	2300	4	23	74
6	TDK	JAP	2280	4	28	74
7	TEXAS INSTRUMENTS	USA	2070	3	30	67
8	FUJITSU	JAP	2000	3	33	65
9	AMP/PAMCOR	USA	1900	3	36	61
10	ALPS ELECTRIC	JAP	1800	3	39	58
10	MOTOROLA	USA	1800	3	42	58
12	GE-RCA	USA	1400	2	44	45
13	KYOCERA	JAP	1300	2	46	42
14	MURATA	JAP	1200	2	48	39
15	3M	USA	1100	2	50	35
15	SIEMENS	FRA	1100	2	52	35
17	INTEL (IBM)	USA	1000	2	54	32
17	mitsubishi Electric	JAP	1000	2	55	32
17	N.S.C.	USA	1000	2	57	32
20	OMRON TADEI	JAP	950	2	58	31
21	ITT	USA	900	1	60	29
21	THOMSON	FRA	900	1	61	29
23	SHARP	JAP	850	1	63	27
24	RAYCHEM	USA	800	1	64	26
24	SAMSUNG	COR	800	1	65	26
26	B.A.S.F.	FRA	740	1	67	24
27	BAYER AGFA	FRA	700	1	68	23
28	AMD (SIEMENS)	USA	620	1	69	20
29	EATON	USA	600	1	70	19
29	LITTON	USA	600	1	71	19
31	FAIRCHILD S-C (SCHL)(1)	USA	500	1	72	16
31	GEC	G-B	500	1	72	16
31	mitsumi	JAP	500	1	73	16
31	OKI	JAP	500	1	74	16
35	LPL (1)	USA	490	1	75	16
36	ROHM	JAP	470	1	76	15
37	FUTABA	JAP	400	1	76	13
37	NIPPON CHEMICON	JAP	400	1	77	13
37	PENN CENTRAL	USA	400	1	78	13
37	TRW	USA	400	1	78	13
37	VARIAN	USA	400	1	79	13
37	WESTINGHOUSE	USA	400	1	80	13
43	IRI	ITA	380	1	80	12
44	MOLEX	USA	380	1	81	11
44	WESTERN DIGITAL	USA	380	1	81	11
46	GENERAL MOTORS	USA	300	0	81	10
46	GOULD (1)	USA	300	0	81	10
46	HONEYWELL (1)	USA	300	0	82	10
46	LUCKY GOLD STAR	COR	300	0	82	10
46	SEIKO	JAP	300	0	83	10
	TOTAL		81150	84		1650

**La structure du marché mondial
des semi-conducteurs en 1987**



Source :GERDIC d'après Electronic Business, 1 mars 1988.

-  NEC
-  Toshiba
-  Hitachi
-  Motorola
-  Texas I.
-  NSC
-  Philips
-  Fujitsu
-  Matsushita
-  Intel
-  Autres

68. Outre la nouvelle domination des groupes japonais, l'industrie mondiale des semi-conducteurs est soumise aux variations erratiques des taux de change. Dans une industrie où les guerres de prix sont très importantes dans les produits standards, cela a amené les producteurs à abandonner quelquefois les fonderies, c'est-à-dire les unités de production où sont fabriqués les semi-conducteurs, et à préférer se cantonner dans la conception des circuits ou la fabrication des masques. Ainsi, beaucoup de jeunes firmes de la Silicon Valley, se sont limitées à la conception des circuits, abaissant du même coup les barrières à l'entrée de cette industrie. On peut citer les cas de Vitelic Corp ou de Xilinx Inc. Aujourd'hui, *les principaux fabricants nord-américains suivent cet exemple afin de gagner un peu de flexibilité à l'égard des fluctuations importantes de la demande qui s'adresse à eux.* Des firmes comme Advanced Micro Devices (A.M.D.) ou National Semi Conductor (N.S.C.) avouent recourir à des sous-traitants. Chez Intel, le fabricant de microprocesseurs, on évalue à 20-30 % la part de fabrication sous-traitées ; chez Motorola, on atteint également cette proportion (Electronic Business, 1-03-88).

69. Une telle pratique n'est pas vraiment nouvelle. Déjà, pour l'assemblage, qui est tout de même une opération bien moins complexe, beaucoup d'entreprises asiatiques se sont développées comme fournisseurs de clients nord-américains. On évalue à une trentaine les sous-contractants qui effectuent, en Corée, aux Philippines ou à Hong Kong l'assemblage des circuits américains. Un quart de cette production passerait entre leurs mains. Et désormais, il ne s'agit plus simplement de l'assemblage mais aussi de la fonderie. *Le marché n'est pas négligeable puisque les facturations des fonderies indépendantes ou sous traitantes auraient atteint 940 millions de dollars en 1987 et devraient se monter à 1,2 milliard en 1988.* Pour l'essentiel, ces fonderies sont asiatiques. Ainsi, le coréen HYUNDAI Electronics et le japonais N.M.B. Semi Conductor fabriquent des puces pour Texas Instruments. Intel Corp sous-traite ses circuits auprès de Samsung Electronics et de Mitsubishi Electric. Ce sont, sans conteste, les producteurs sud-coréens qui profitent le mieux de ces opportunités. Bien souvent, ils préfèrent un accord de sous-traitance à un accord de licence pour lequel ils doivent verser des royalties. De l'aveu des dirigeants coréens, la fonderie permet de régler et stabiliser la technique de production plus rapidement. Les firmes japonaises profitent aussi du mouvement et nous citerons les accords entre Seiko Epson et Xilinx ou ceux entre Waferscale Integration et Sharp. Dans les deux cas, les firmes américains ont dû divulguer leur technologie. Profitant de cette opportunité, des fonderies indépendantes apparaissent comme celle de la Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, établie en 1986. Ces formes de rapport de sous-traitance viennent se greffer sur les autres formes d'accords passés par les industriels et rend extrêmement complexe le réseau des coalitions au sein duquel certaines sont durables et d'autres ne le sont pas.

1.4. Conclusion

70. Avec les années 80, s'est ouverte une période de profondes restructurations dans l'industrie électronique. Dans toutes les branches, la technologie a amené une rupture importante en termes de commercialisation ou de recherche. Simultanément, les barrières à l'entrée et à la mobilité semblent s'élever, amenant les compagnies à s'engager dans deux voies. *Le recentrage, d'abord, s'avère nécessaire pour financer les nouvelles orientations technologiques et la croissance. Les firmes traditionnelles de l'électronique avaient acquis, grâce à la rentabilité de leurs activités, des sociétés dans une optique financière ou bien elles n'avaient pas su choisir un "métier".* Dans les deux cas, et les exemples spectaculaires de Thomson, General Electric-R.C.A. ou I.T.T. le montrent, des reconversions sont nécessaires. Mais le recentrage ne suffit pas pour valoriser un avantage compétitif. *Les complémentarités existant avec d'autres compagnies exigeait la multiplication des alliances et de coalitions à travers le monde. C'est pourquoi l'on voit tendre toutes les structures de marché vers des oligopoles avec, toutefois, bien souvent, une importante frange concurrentielle dont la pouvoir de marché reste négligeable.*

2. Les nations : le point de rupture

2.1. Géographie de l'électronique mondiale

2.1.1 La production : reflet des stratégies industrielles

71. A l'issue de la Seconde Guerre Mondiale, l'industrie nord-américaine avait acquis en électronique une supériorité indiscutable. Largement dominée par la production de biens d'équipement civils ou militaires, appuyée sur des moyens de recherche ou financiers considérables et sur un soutien gouvernemental sans équivalent, l'électronique nord-américaine représentait 80 % de la production mondiale.

Tableau 3-16 : La production d'électronique dans les principaux pays industrialisés (millions de \$)

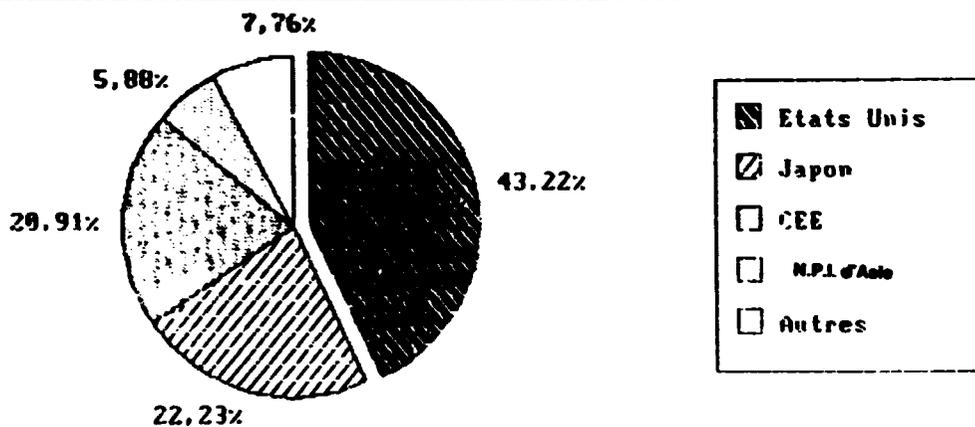
	1957	%	1962	%
Etats-Unis	12 560	75	16 300	73,1
Japon	620	3,7	1 600	7,2
R.F.A.	1 130	6,7	1 200	5,4
Royaume-Uni	1 130	6,7	1 300	5,8
France	590	3,5	1 050	4,7
Canada	480	2,8	450	2
Italie	240	1,6	380	1,8
Total	16 750	100	22 280	100

Source : GERDIC d'après le Conseil Economique et Social, 1966.

72. Toutefois, l'ampleur de la délocalisation des firmes nord-américaines et les politiques industrielles menées en Europe ou en Asie ont bouleversé cette hiérarchie des territoires. Malgré le maintien d'une dépendance considérable vis-à-vis des Etats-Unis dans certains domaines, l'Europe a acquis des positions honorables dans des secteurs abrités comme les télécommunications ou le militaire. Le Japon, en revanche, a organisé un rattrapage au.our des secteurs concurrentiels de l'électronique grand public puis des composants actifs. Enfin, les implantations de firmes étrangères en As. ou en Amérique Latine font jouer à ces zones un rôle sans commune mesure avec l'importance de leur appareil productif national. Néanmoins, ces implantations ont permis le développement de tissus industriels locaux où se juxtaposent des P.M.E. nationales, des groupes étrangers et, quelquefois, des groupes nationaux (Corée, Inde, Brésil, Taïwan).

Graphique 3-8

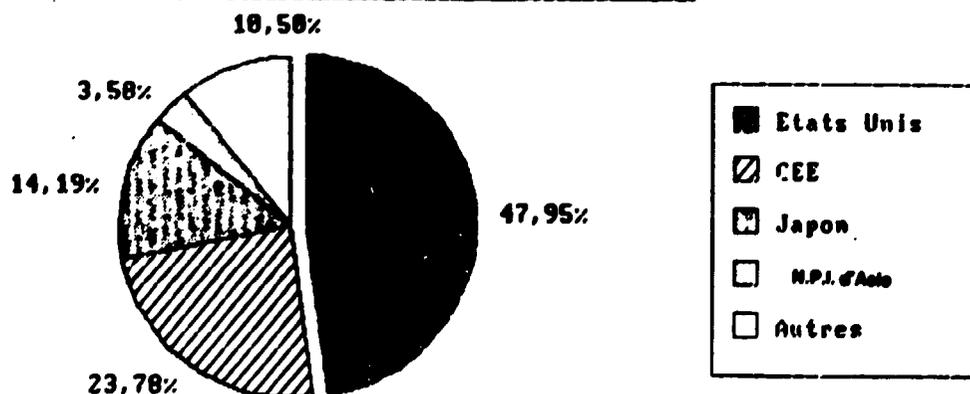
Répartition géographique de la production électronique (hors COMECON) : 1986



SOURCE : GERDIC d'après annexe A1

Graphique 3-9

Répartition géographique des marchés de l'électronique (hors COMECON) : 1986

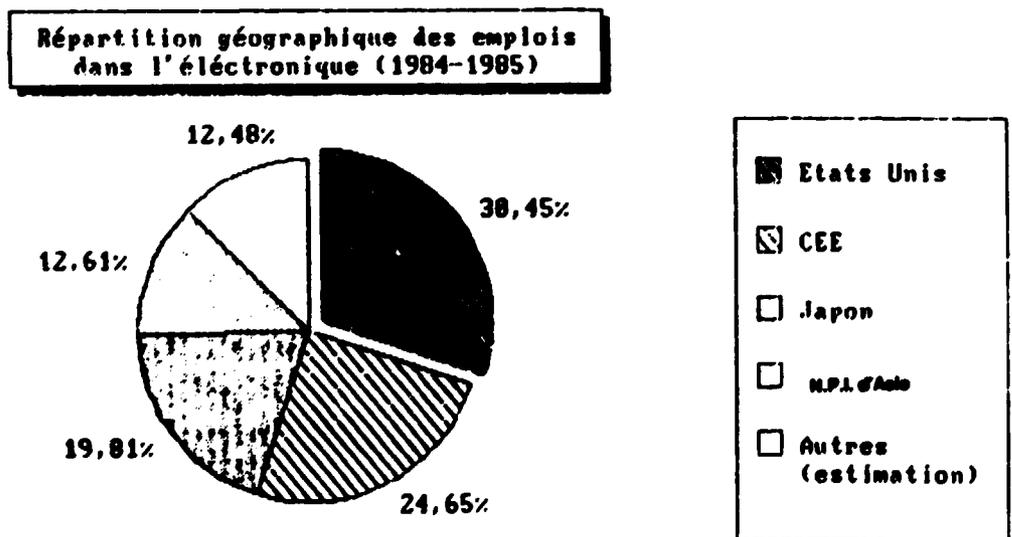


SOURCE : GERDIC d'après annexe A1

73. Le rattrapage technologique a bouleversé la hiérarchie des nations et, si les pays européens détiennent individuellement des positions plus fragiles qu'à l'issue de la guerre, la Communauté Européenne assure plus de 20 % de la production mondiale. Parvenu à la deuxième place dans l'industrie électronique mondiale en 1961, le Japon s'y est maintenu depuis et produit sur son territoire, en 1986, plus de 22 % de la production mondiale. Les Etats-Unis quant à eux demeurent la première zone mondiale de production (43 %), ce qui constitue toutefois une importante régression au regard de leur position dans les années cinquante (graphique 3-8).

74. L'emploi n'est pas strictement proportionnel à la production du fait des différences inter-sectorielles d'intensité en main-d'oeuvre ou de productivité. Ainsi, l'industrie électronique dans la C.E.E. emploie environ 25 % des effectifs mondiaux, alors qu'elle ne réalise que 21 % de la production. Au Japon, en revanche, ne sont employés que 20 % des effectifs mondiaux pour réaliser plus de 22 % de la production. La productivité et la législation du travail expliquent en partie cette différence. Mais, notamment vis-à-vis des N.P.I., ce sont des variations dans la combinaison des facteurs de production qui expliquent l'importante différence entre les structures de l'emploi et de la production. Enfin, évidemment, la qualité de la spécialisation n'est pas neutre, comme le montre le cas des Etats-Unis où 30 % des effectifs réalisent 43% de la production mondiale. Ce sont des produits à haute valeur ajoutée qui composent la production nord-américaine puisqu'il s'agit pour beaucoup d'électronique militaire ou d'informatique.

Graphique 3-10



SOURCE : GERDIC d'après annexe A1

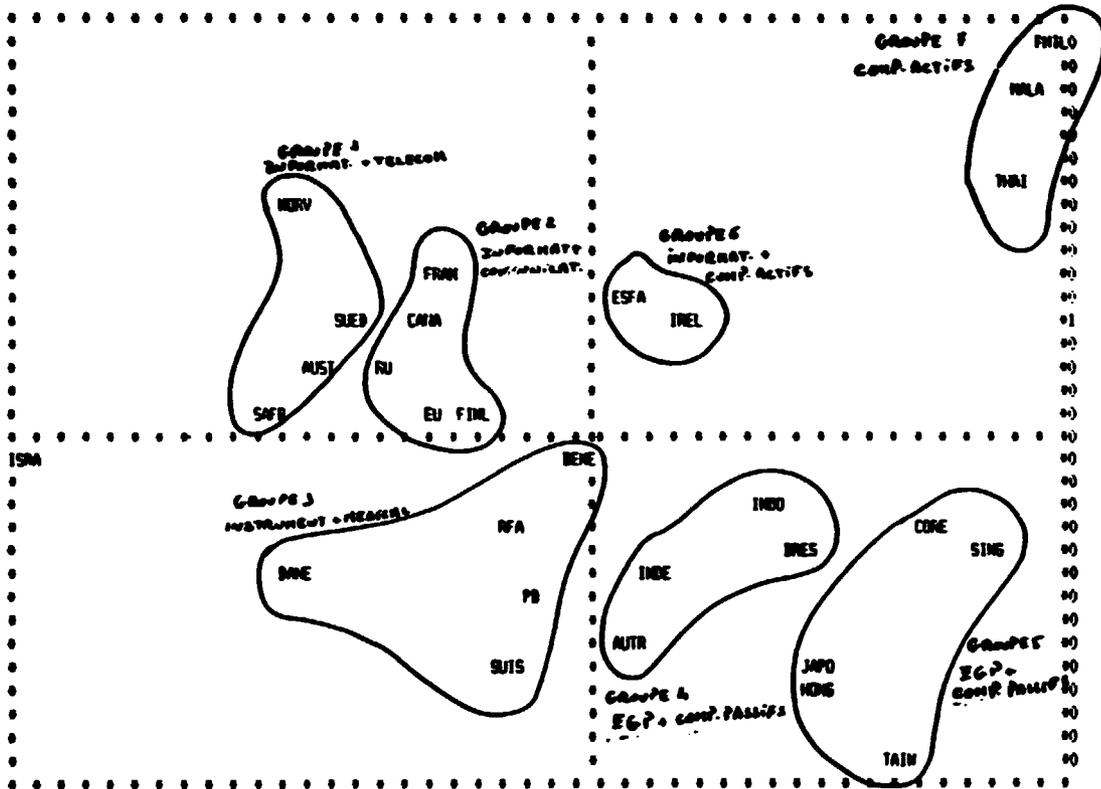
74. Une analyse en composantes principales permet de visualiser les types de spécialisation des différentes nations. Après avoir introduit les données sur la structure de la production dans trente pays en 1986 (Annexe A3), on voit très clairement apparaître une typologie des territoires. Les variables actives sont les poids relatifs de chaque branche de l'électronique dans la production d'un pays ; les individus sont les pays. Les deux premiers appariements sont représentés sur le graphique pour les individus et pour les variables (les données de l'A.C.P. se trouvent en annexe D). Les pays dont la structure de production est très déséquilibrée apparaissent immédiatement. Philippines, Malaisie et Thaïlande ont une production dominée par les composants actifs. Seule la Thaïlande dispose d'un pôle significatif d'E.G.P.. L'Irlande, quant à elle, bénéficie d'une très importante production de matériel informatique qui dépasse les 60 % de sa production électronique et la différence des autres nations. Ensuite vient le groupe des quatre N.P.I. d'Asie avec Singapour légèrement à part parce que l'informatique y a un poids proche de celui qui est propre aux pays industrialisés. Taïwan, HK et la Corée quant à eux ont une structure dominée par l'E.G.P. et les composants actifs. La Corée et l'Indonésie se distinguent par le poids des télécommunications. Quant aux pays industrialisés, plutôt spécialisés dans les produits à forte valeur ajoutée, la structure de leur production dépend surtout de l'existence ou non d'une industrie militaire ou d'un pôle télécommunication (voir l'annexe A3).

REPRESENTATION GRAPHIQUE sur les AXES

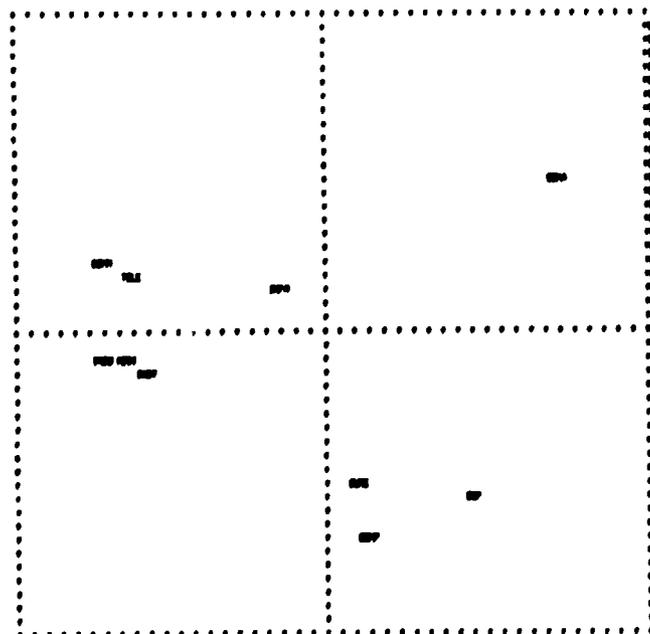
Graphique 3-11 : Une analyse en composantes principales de la structure de la production

AXE : 1 HORIZONTAL AXE : 2 VERTICAL
 REFERE ORIGINALE

Unité sur les axes : .1000



AXE : 1 HORIZONTAL AXE : 2 VERTICAL
 REFERE ORIGINALE
 Unité sur les axes : .1000

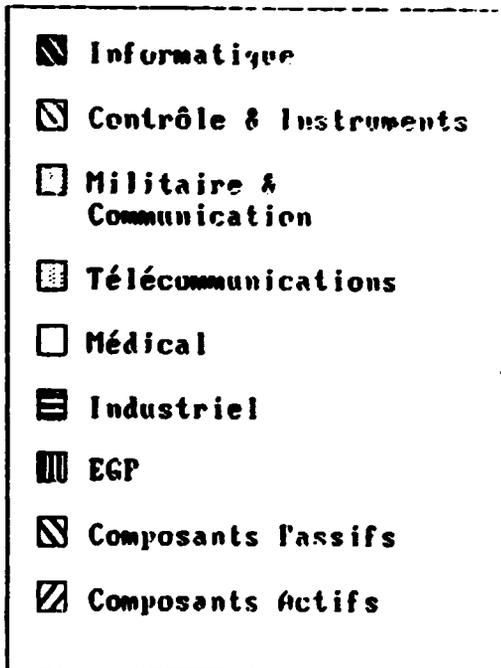
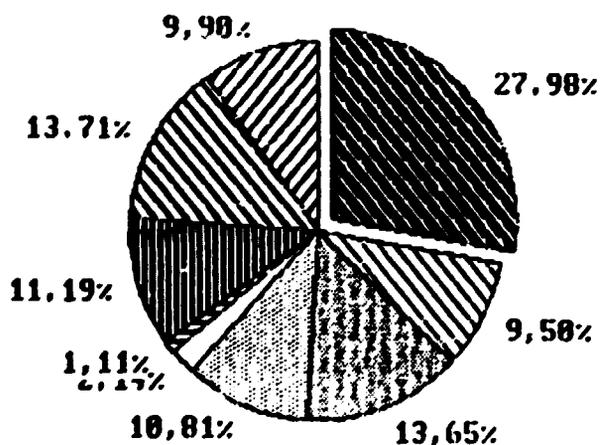


2.1.2 Les marchés et les échanges : facteurs de tensions

75. Marchés et productions sont dominés par le grand pôle que constitue l'informatique/bureautique qui représente 28 % de l'ensemble, sachant que le logiciel et les services ne sont pas inclus dans les statistiques du B.E.P. Selon l'E.I.C., logiciels et services représenteraient 12 % de l'ensemble. Les deux autres grands pôles sont le militaire/communications et les composants passifs (graphique 3-12) mais il ne se distingue pas très nettement des autres branches dont la part varie entre 10 et 11 % à l'exception du Medical et de l'industriel (signaux, systèmes lasers, sécurité) dont la proportion tourne autour de 1 %. Les automatismes, qui ne figurent pas dans ces données, correspondraient selon l'E.I.C. à environ 6 % du marché total.

Graphique 3-12

Marchés mondiaux de l'électronique en 1986



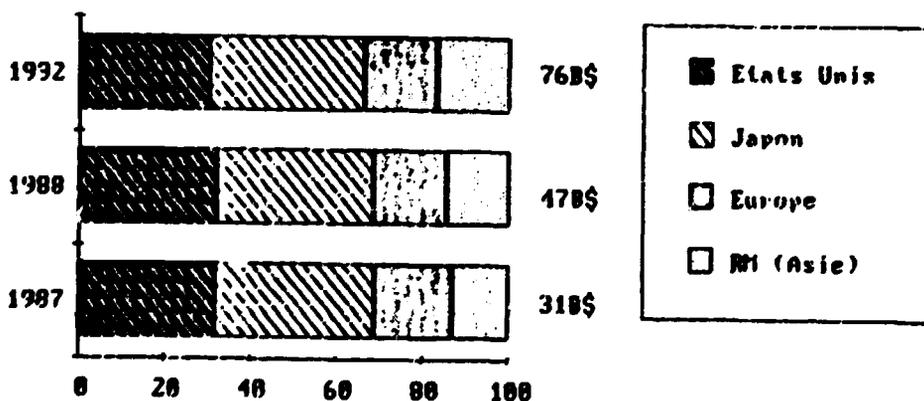
Source : voir annexe A-4

76. Estimés par le B.E.P. à 442 milliards de dollars en 1986, les marchés de l'électronique auraient bénéficié d'une croissance de 17 % dont une large proportion serait due aux variations de change. La croissance réelle s'avère beaucoup plus modeste puisqu'elle se situerait aux alentours de 1 %, avec une chute de la demande aux Etats-Unis de 1,6 %. L'année 1987 aura été caractérisée par la reprise puisque les marchés mondiaux ont augmenté de 4,7 % en termes réels, atteignant plus de 10 % dans les pays asiatiques, hromis le Japon (B.E.P., 1988, vol. II, p. 19).

77. La production de matériel électronique se déplace du Japon vers les pays de l'Asie Pacifique. Certains pays comme la Corée du Sud, Singapour ou la Malaisie atteignent des taux de croissance de la production de l'ordre de 24 % alors que les fournisseurs traditionnels d'Extrême-Orient, Taïwan et Hong Kong, subissent la concurrence des pays de l'Asean et voient leur croissance ramenée aux alentours de 10 %. Cette dynamique a propulsé la consommation de semi-conducteurs en Asie à plus de 65 % de croissance en 1987, et elle devrait se maintenir autour de 40 % en 1988, selon Dataquest. Le transfert des activités japonaises vers les "quatre dragons" (Corée du Sud, Taïwan, Hong Kong et Singapour) ou vers le reste de l'Asean laisse présager d'une forte croissance de la demande de semi-conducteurs (S.C.) dans cette zone où les producteurs domestiques et étrangers se côtoieront. Les perspectives sont telles que cette zone devrait consommer autant de S.C. que l'Europe en 1992 (graphique 3-13).

Graphique 3-13

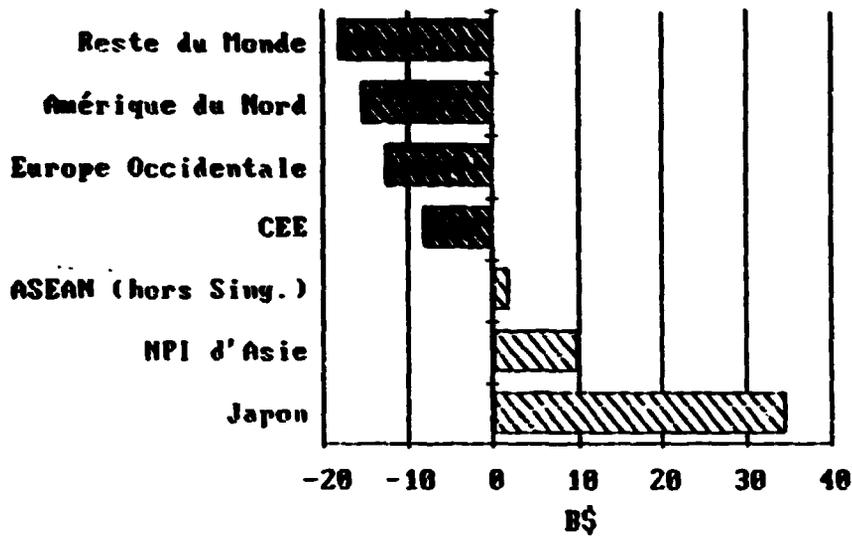
Les perspectives du marché mondial des semi-conducteurs (%)



Source : GERDIC d'après Dataquest.

Graphique 3-14

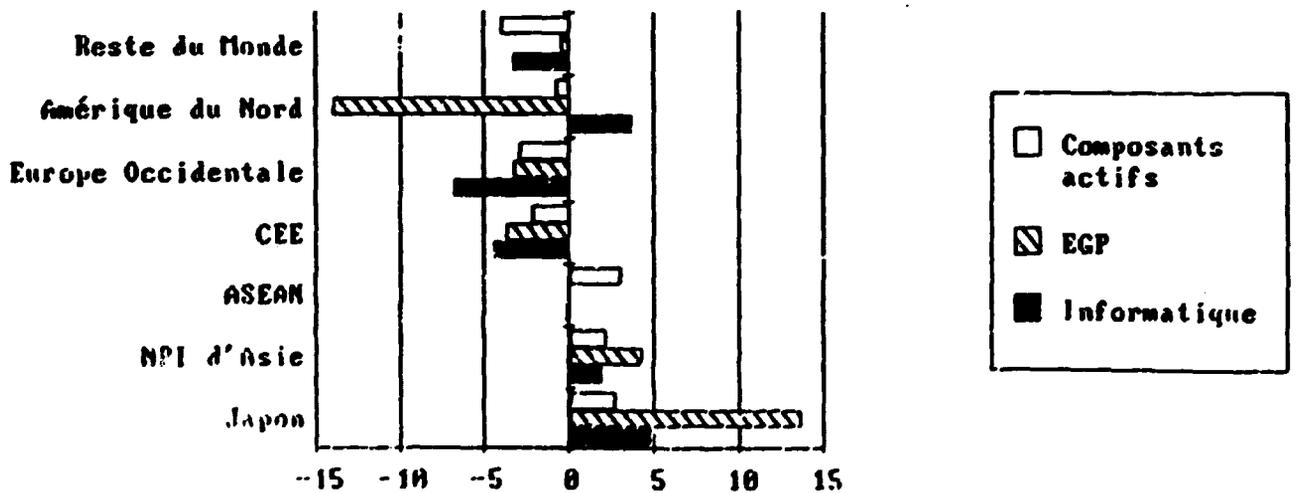
La balance commerciale en électronique en 1986



Source : GERDIC d'après les statistiques de B.E.P.

Graphique 3-15

Les grands postes de la balance commerciale en 1986 (milliards de \$)

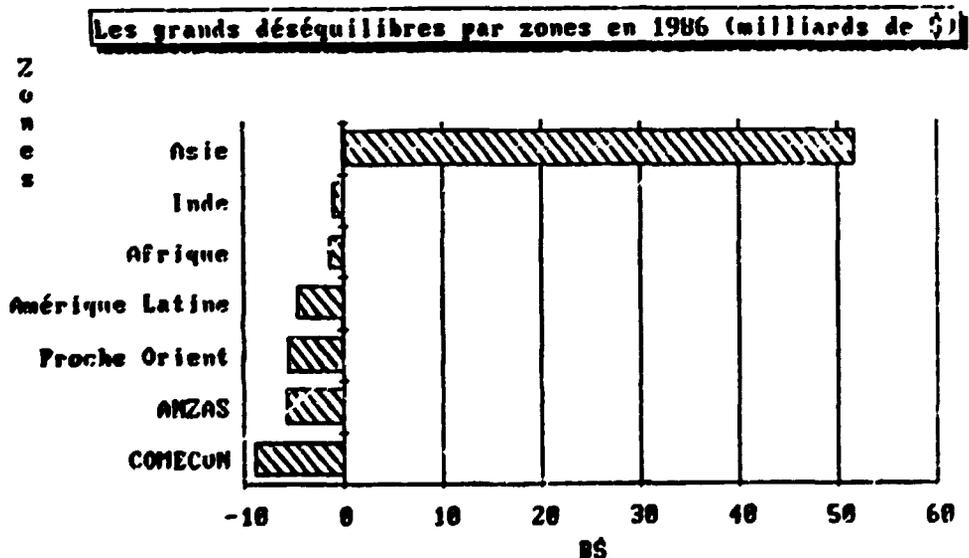


Source : GERDIC d'après les statistiques de B.E.P.

78. Bien que les marchés demeurent polarisés dans les pays industrialisés et que le G5, à lui seul, en représente 78,5 %, l'insertion de certains N.P.I. dans le marché mondial semble désormais acquise (cf. Annexe A4, A5, A6 et graphique 3-9). Les marchés brésiliens ou coréens rejoignent, en valeur absolue, celui des Pays Bas et dépassent celui de la Suède, pour des populations, il est vrai, très différentes. Mais si 92 % des marchés sont regroupés dans les pays industrialisés, c'est seulement 90 % de la production qui s'y trouvent localisés (Annexe A2). Ces deux points de différence, sur un marché de 400 milliards, amplifient la tension des Etats-Unis et de l'Europe vis-à-vis des pays asiatiques. Ils viennent, en effet, s'ajouter au déséquilibre structurel provoqué par le Japon dont le marché représente un peu plus de 14 % du marché mondial, mais dont la production s'établit à plus de 22 % du total mondial. Avec le Japon, ce sont 10 % de la production mondiale qui définissent le déficit structurel de certaines zones géographiques en électronique.

79. Le graphique 3-14 récapitule, pour l'année 1986, les déséquilibres des échanges mondiaux. L'Europe Occidentale et l'Amérique du Nord présentent un déficit respectif de 12,8 à 15,5 milliards de dollars, alors que l'Asean et les N.P.I. d'Asie (Taïwan, Hong Kong, Singapour, Corée du Sud) sont excédentaires à eux deux de 11,5 milliards. Et, surtout que le Japon présente un excédent de 34,4 milliards. Les statistiques du C.E.P.I.I., bien qu'elles ne soient pas identiques à celles du B.E.P. nous permettent de définir plus précisément le déficit du reste du monde (annexe B) qui atteindrait 27,4 milliards de dollars (y compris l'optique), dont 18,5 milliards, sans le COMECON. Ces résultats sont équivalents aux 18,3 milliards de déficit évalués par le B.E.P. Le graphique 3-16 ventile, par zones géographiques, les déficits.

Graphique 3-16



Source : GERDIC d'après les données du CEPPI (CHELEM)

2.2. La tentation mercantiliste

2.2.1 Etats-Unis : le G.A.T.T. au rebut

80. Depuis 1980, la balance commerciale nord-américaine des biens haute technologie n'a pas cessé de se dégrader. En 1986, elle est devenue déficitaire sous la double contrainte constituée par la forte réévaluation du dollar et le durcissement de la concurrence internationale. Les produits de l'électronique sont au coeur de cette dégradation et l'American Electronics Association estime à 13 milliards de dollars le déficit du secteur en 1986. Bien que le déficit avec le Japon existait depuis les années 1970, il s'est accru dans des proportions dramatiques pour atteindre 20,4 milliards de dollars soit 12 % du déficit total de la balance commerciale nord-américaine (graphique 3-17). Cette situation a amené plusieurs réactions des pouvoirs publics américains au titre desquelles des négociations bilatérales, avec les partenaires commerciaux les plus dynamiques ; ces accords allant bien souvent à l'encontre des règles du G.A.T.T.

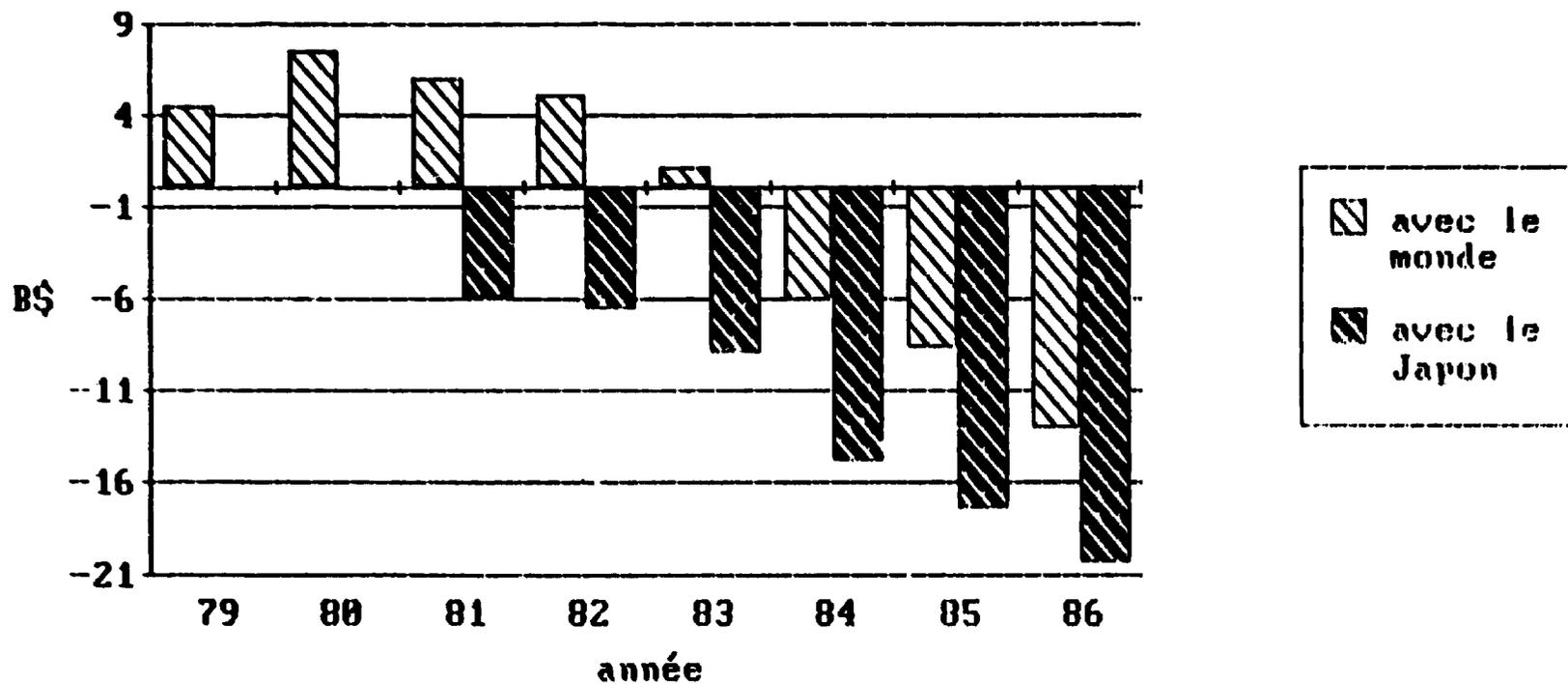
81. La mesure la plus spectaculaire fut la signature, en septembre 1986, de l'U.S.-Japan Semiconductor Agreement. Aux termes de cet accord, les producteurs japonais de semi-conducteurs s'engageaient à commercialiser leurs produits sur le marché nord-américain à un prix "minimum". Cette mesure devait permettre l'amélioration du solde commercial de la branche. Elle intervenait un peu plus d'un an après la suppression par le Président REAGAN, dans le cadre du Trade and Tariff Act de 1974, des droits de douane de 4,2 % prélevés sur les semi-conducteurs importés aux Etats-Unis. La disparition du tarif et la cotation élevée du dollar ont vite emporté les positions des firmes nord-américaines déjà fragilisées par le raccourcissement du cycle vital des circuits intégrés. Ne voyant pas la situation s'améliorer, le gouvernement japonais créa, le 4 mars 1987, l'International Semiconductor Research Center (I.N.S.E.C.), dont la vocation était de favoriser l'achat de S.C. étrangers par les industries japonaises, offrant ainsi aux producteurs nord-américains le moyen de contourner les fameuses "barrières non tarifaires" si souvent évoquées. Bien qu'ayant permis l'affermissement des marges des fabricants japonais aux Etats-Unis, l'accord de septembre 1987 ne permit pas une résorption notable du déficit Japon-Etats-Unis en électronique.

82. Malgré une stabilisation perceptible du déficit vis-à-vis du Japon (9,9 milliards au premier semestre 1986 contre 94 au premier semestre 1987), malgré une baisse notable du cours du dollar, et bien qu'il eut négocié un relèvement du prix minimum imposé aux firmes japonaises dans le cadre de l'accord de 1986, le gouvernement américain estima insuffisants les résultats de ce premier round. Le Conseil Scientifique de la Défense dépose un rapport qui indiquait que sur 25 types de S.C., les firmes japonaises arrivaient en tête dans la production de 12, les firmes nord-américaines dans celle de 5 S.C. ; les deux pays arrivant à égalité pour huit types de S.C. Sous la pression de ces arguments et sous l'influence du Pentagone, qui dénonça, en décembre 1986, l'intention de rachat de Fairchild Semiconductor par Fujitsu ainsi que la domination du marché des céramiques par l'unique compagnie japonaise Kyocera, le gouvernement américain fit connaître, le 17 mars 1987, sa décision d'entreprendre des actions de représailles (littéralement "retaliation" signifie talion) à l'égard du Japon. A la date du 17 avril 1987, des droits supplémentaires de 100 % ont été appliqués sur les produits d'importation japonais d'une valeur globale de 300 millions de dollars. Jamais pratiquées depuis la Seconde Guerre Mondiale, cette procédure s'appliquait aux téléviseurs couleur, aux micro-ordinateurs et aux semi-conducteurs.

83. Spectaculaires dans leur forme, les mesures de représailles évoquées plus haut n'affectaient que 0,3 % des exportations japonaises de produits manufacturés vers les Etats-Unis. En revanche, le mardi 21 juillet 1987, le Sénat américain adopta, à une écrasante majorité (71 voix contre 27), un projet de loi, désormais connu sous le nom de Senate Trade Reform Bill, qui amendait le Trade Act de 1974. Le texte du Sénat prévoyait la mise en place systématique de mesures de protection temporaire en faveur des industries menacées. Il avançait, en outre, des possibilités d'ouvrir des négociations bilatérales ou multilatérales et la révision de plusieurs principes régissant le G.A.T.T. Les arguments ayant fondé ce projet mercantiliste sont toujours les mêmes. La restauration de la compétitivité de l'industrie nord-américaine exige des investissements et de la formation et, ajoute Stephen Levy :

"En tant que nation, nous devons faire du commerce international une priorité nationale et lui donner le même statut que la Défense ou l'Etat ... Nous ne pouvons avoir une Défense Nationale puissante sans une économie puissante" (Electronic Business, 1 novembre 1986, p. 29).

**La balance commerciale des Etats-Unis
en électronique (milliards de \$)**



Source : GERDIC d'après les données de l'A.E.A.

Graphique 3-17

Bien qu'il ait reçu le veto du Président REAGAN, le projet de loi, assoupli, a été voté par la Chambre des représentants en juillet 1988. Les Japonais ont demandé au Président REAGAN d'y apposer à nouveau son veto. Mais, progressivement, avec la dégradation de l'avantage technologique nord-américain, le discours dominant se rapproche du protectionnisme ostensible de l'entre deux guerres. Le territoire est perçu comme enjeu du commerce international et il est réhabilité comme espace à défendre. Option qui atteint son apogée lorsqu'en avril 1988, un sondage révèle que 84 % des personnes interrogées sont hostiles aux acquisitions étrangères dans l'immobilier et 82 % souhaitent l'établissement de restrictions à l'acquisition de compagnies américaines produisant du matériel à haute technologie.

84. Les mesures protectionnistes engagées et la revalorisation du yen ont offert à l'industrie électronique nord-américaine une bouffée d'oxygène dans la compétition engagée vis-à-vis des producteurs japonais. Mais, liées au dollar, les monnaies des Quatre Dragons (Singapour, Hong Kong, Taïwan, Corée du Sud) n'ont pas répercuté la dévaluation compétitive du dollar vis-à-vis du yen. Or, en 1985, 20 % des exportations nord-américaines de produits à haute technologie étaient destinées à ces quatre pays, et 25 % des importations, dans les mêmes domaines, en provenaient. Si l'on ajoute le Canada, dont la monnaie ne s'est pas davantage réévaluée à l'égard du dollar U.S., c'est un tiers du commerce de marchandises nord-américain qui est engagé avec ces cinq pays. Avec l'affaissement du dollar, la compétitivité de ces zones géographiques s'est accrue suscitant des délocalisations d'établissements en provenance du Japon, des Etats-Unis ou de l'Europe. Les données du C.E.P.I.I. font apparaître, dans ce contexte, un déficit nord-américain vis-à-vis des quatre N.P.I. d'Asie de l'ordre de 8 milliards de dollars en 1987 et pour l'électronique seulement (cf. Annexe B3). Cette situation explique en partie la section 105 du Senate Trade Reform Bill qui suggère "l'établissement de normes minima dans les conditions de travail afin d'éviter le non-respect des droits des travailleurs". En outre, plusieurs économistes ont envisagé, dès 1986, la réévaluation des devises de ces pays.

85. Le refus réitéré de réévaluation de leurs monnaies par les Quatre Tigres suscita, dès 1987, des pressions intenses de Washington sur les gouvernements de ces pays. Mais, à l'exception de Taïwan qui disposait d'un excédent de compte courant de l'ordre de 20 % de son P.N.B., les autres pays mettaient en avant leur endettement international pour éviter l'ajustement de parité vis-à-vis du dollar. Avancée par des industriels européens, refusée par les autorités de Bruxelles, le projet d'exclusion de certains N.P.I. du Système de Préférence Généralisé (S.P.G.) est repris au bond par Washington qui annonce le vendredi 29 janvier 1988 la révocation des concessions tarifaires accordées à Taïwan, Hong Kong, Singapour et la Corée du Sud. La décision américaine, dont l'entrée en vigueur est prévue pour le 2 janvier 1989 devrait affecter

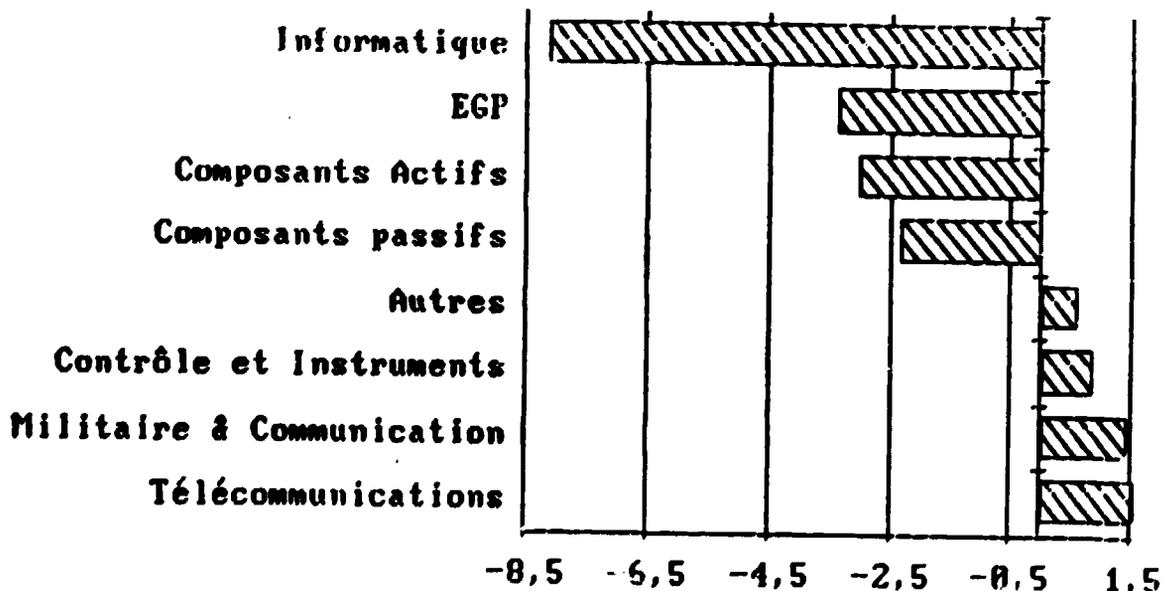
20 % (10 milliards de dollars) des exportations de ces quatre pays vers les Etats-Unis. Bien qu'elle affecte surtout les produits "low-tech" (chaussures, textiles, acier), cette mesure menace les produits de l'industrie électronique. C'est pourquoi, après la vague de délocalisation des firmes japonaises amorcée en 1984, on voit aujourd'hui les firmes coréennes ou taiwannaises établir des unités de production en Thaïlande (Goldstar Electronics) ou encore au Costa-Rica, en Jamaïque et en République Dominicaine afin d'accéder plus facilement au marché nord-américain. Ainsi, Taiwan devrait doubler ses investissements à l'étranger en 1988 (200 millions de dollars). Enfin, ces pays s'efforcent de réorienter leurs flux d'exportations vers de nouvelles zones géographiques, le Japon notamment, mais aussi le Moyen Orient.

2.2.2 Europe : le dernier atout ?

86. L'Europe Occidentale ne constitue pas un marché atone. DATAQUEST prévoit, pour les cinq ans à venir, des taux de croissance assez importants : 50 % pour les ordinateurs 32-bits, 30 % pour les télécommunications numériques et 26 % pour la radio-cellulaire. C'est pourtant la croissance du marché depuis le début des années 80 qui contribue au déficit. En 1986, les statistiques du B.E.P. font apparaître un déficit de 12 milliards de dollars et, seuls, la R.F.A. et l'Irlande présentent une balance excédentaire ou équilibrée. Les données du C.E.P.I.I. font état d'un déficit de l'ordre de 10,8 milliards (cf. Annexe B2, p. 14) dont 12,6 milliards avec le Japon. Mais le déficit n'est pas identique dans toutes les branches. Le graphique 3-18 distingue, d'après les données du B.E.P., les différents postes de la balance en électronique. L'informatique contribue pour plus de la moitié à ce déficit avec 6,8 milliards de dollars (56 %). Trois autres postes traduisent la fragilité des positions européennes : les composants actifs ou passifs et l'électronique grand public. A elles trois, ces branches engendrent en déficit européen de 8,7 milliards de dollars. Au total, les déficits culminent à plus de 16,8 milliards, alors que les excédents dans les technologies réservées (militaire, télécom, médical) atteignent tout juste 4,7 milliards.

Graphique 3-18

Les grands postes de la balance commerciale européenne en 1986 (milliards de \$)



Source : GERDIC d'après les statistiques de B.E.P. (annexe A-7)

87. Les réactions des pouvoirs publics européens en face de ce naufrage ont pris plusieurs formes. Le chapitre IV détaillera leur stratégie pour une renaissance de l'électronique européenne au moyen des programmes Esprit, Race ou Brite, pour la C.E.E. et d'Euréka pour l'ensemble de l'Europe. Mais, outre les politiques industrielles classiques, l'Europe, et notamment la C.E.E., s'efforce surtout depuis 1985 de cantonner la domination japonaise aux moyens de procédures de restriction de commerce.

88. En 1984, les enquêteurs de la C.E.E. examinent un éventuel dumping des producteurs japonais, Matsushita, Sharp, Brother et Canon. En l'absence de coopération des enquêtés, les données retenues sur les producteurs japonais sont celles fournies par leurs concurrents européens. En juin 1985, le dumping ayant été prouvé, un tarif douanier de 35 % est établi par la C.E.E. sur les machines à écrire électroniques. Peu après, une plainte déposée par le Committee of European Copier Manufacturers (CECOM), amène la C.E.E. à enquêter sur des procédures de dumping sur le marché des photocopieurs. Douze fabricants japonais qui détiennent 85 % du marché européen sont soumis à cette procédure, dont Canon, Fuji, Minolta et Ricoh, à l'issue de laquelle un dumping de l'ordre de 7 à 63 % est mis en évidence. En conséquence, le 27 août 1986, une surtaxe douanière vient s'ajouter au droit normal de 8,7 %. L'originalité de ce droit est qu'il est variable selon les constructeurs, compris entre 7,2 % et 15,7 %. Les deux procédures engagèrent les compagnies japonaises à multiplier leurs implantations en Europe. De 44 en 1984, elles ont atteint 56 en 1986, selon l'E.I.A.J. Parallèlement, quelques établissements sont reconvertis (tableau 3-17).

Tableau 3-17 : Nombre d'établissements japonais en électronique en Europe

	E.G.P.	Biens	d'équipement	Composants	Total
1984	23		6	15	44
1985	26		4	17	47
1986	31		9	21	56

Source E.I.A.J.

89. Mais la Commission reprend une série d'offensives à la fin 1987. Sept fabricants d'imprimantes d'ordinateurs se regroupent dans l'Euoprint Association pour défendre leurs intérêts et engagent la Commission à enquêter sur un probable dumping japonais. Cette assertion se révélant exacte, la C.E.E. applique depuis le 26 mai 1988 des droits anti dumping de 4,8 à 33,4 % sur les imprimantes de quatorze constructeurs japonais. Ceux-ci ont réussi à faire passer leurs parts du marché européen de 49 % en 1983 à 73 % en 1986, alors que les producteurs de la C.E.E. (Olivetti, Philips, Mannesman ou Bull) ne vendent plus une seule imprimante au Japon après en avoir vendu un millier en 1983.

89. En multipliant leurs implantations européennes, les compagnies japonaises pensaient pouvoir contourner les tarifs exorbitants que leur imposait la Communauté. Très offensive, cette dernière examina les conditions d'application du règlement de 1985, à la suite d'une nouvelle plainte de plusieurs producteurs européens. Elle découvrit que les producteurs de machines à écrire électroniques et de balances électroniques utilisaient une proportion très élevée de composants en provenance du Japon (76 à 96 % de la valeur ajoutée) et ne se procuraient pas au moins 40 % de leurs composants dans la C.E.E., comme l'exigeait le décret. En mars 1988, elle imposa, donc, des taxes unitaires personnalisées, ventilées comme suit :

	Droits (Ecus)
CANON Bretagne	44
MATSUSHITA, SHARP ET SILVER REED	40
T.E.C.	66

abandonnant, toutefois, ses poursuites vis-à-vis de Brother Industries.

91. Simultanément, devenue très offensive, la Commission lance une enquête anti-dumping à l'égard des producteurs coréens de vidéo-cassettes et de petits postes de T.V. En décembre 1987, elle radia ce pays du Système Généralisé de Préférences, imposant à l'ensemble des produits manufacturés coréens les droits de douane communautaires. Ce qui représente environ 50 millions d'Ecus pour les sociétés coréennes. La procédure anti-dumping sur la vidéo-cassette a été lancée à la demande du C.E.F.I.C., la fédération des industries chimiques européennes. Quant aux petits téléviseurs, les importations européennes sont passées de 9 000 en 1983 à 358 000 en 1986 ; les parts de marché des firmes coréennes ayant bondi de 0,3 à 16 % dans le même intervalle de temps pour des prix inférieurs de près de 40 % à cause de l'industrie européenne.

92. Comme les Etats-Unis, la C.E.E. semble refuser de voir soumis davantage son tissu industriel à des guerres de prix dont les firmes asiatiques sortent toujours victorieuses. Jamais, depuis la seconde guerre mondiale, les principes qui ont régi le C.A.T.T. n'avaient été aussi systématiquement remis en cause par les partenaires de l'échange (hausse des tarifs, dumping, accords bilatéraux). Il semble que les Etats soient en passe de revenir sur le devant de la scène au fur et à mesure qu'apparaissent des difficultés pour leurs industries. Industrie stratégique, l'électronique aura contribué à la révision des principes qui ont réglé la période écoulée depuis 1944.

3. Conclusion

93. Depuis le début des années 80, l'industrie électronique est soumise à des tensions induites par l'évolution technologique. Dans ce contexte, les compagnies sont amenées à réviser leurs options stratégiques. Elles modifient leurs objectifs de délocalisation et multiplient les tentatives de coopération bilatérale. Chaque branche de l'électronique est soumise à ce processus de restructuration et de consolidation, dans lequel les grands groupes semblent devoir jouer un rôle privilégié à tel point qu'il est probable que la plupart des marchés mondiaux se structurent en oligopole.

94. Face à la montée des pouvoirs industriels privés, d'importantes dissymétries dans les échanges commerciaux ont amené les pouvoirs publics à réagir. Le caractère structurel du déficit commercial en électronique des Etats-Unis et de l'Europe ont amené les gouvernements, sous la pression des producteurs nationaux, à contester la légitimité de la concurrence exercée par les producteurs japonais. N'hésitant pas à écarter les principes du G.A.T.T. et bien que cela puisse heurter l'exécutif (veto de Ronald REAGAN) les pouvoirs publics jouent des tarifs douaniers et, donc, de leurs prérogatives aux frontières pour contester l'avantage des firmes japonaises.

95. A ces mesures, les gouvernements ajoutent des politiques industrielles structurées afin d'organiser ou de maintenir l'avantage technologique de leurs industries.

BIBLIOGRAPHIE

(dans l'ordre des références citées)

Kenichi OHMAE

"La Triade : émergence d'une stratégie mondiale de l'entreprise" Flammarion, 1985, Paris, 309 pages.

Robert CONRAD

"Global Electronics requires a global commitment" *Electronic Business*, 10-12-1985, pp. 162-162.

Olivier E. WILLIAMSON

"The Economic Institutions of Capitalism" The Free Press, 1985, New York, 450 pages.

Thomson C.S.F.

"La concurrence mondiale en électronique" ronéoté, Paris, juin 1987, 41 pages.

Emmanuel de ROBIEN (sous la direction de)

"L'électronique : un défi planétaire, un enjeu : l'Europe" C.G.P., Paris, décembre 1986, p. 274.

Joseph GRUNWALD et Kenneth FLAMM

"The Global Factory" The Brookings Institution, Washington, 259 pages.

Office of Technology Assessment

"International Competitiveness in Electronics" U.S.-G.P.O., Washington, 1983, 546 pages.

U.S. Department of Commerce

"U.S. Direct Investment abroad : 1982 Benchmark Survey" U.S.-G.P.O., Washington, décembre 1985, 373 pages plus les annexes.

Michael Mc GRATH

"Strategies for International Manufacturing" *Electronic Business*, 1-05-1988, pp. 144-146

Jean-Louis PERRAULT

"Une odeur de soja dans l'industrie japonaise" *Cahiers d'Economie Mondiale*, vol. 2, n° 1, janvier-juin 1988.

Fred Mc GRAD

"Merger Mania : The pace quickens" *Electronic business*, 15-02-86, pp. 28-29.

Mark POTTS et Peter BEHR

"Forging Strategic Business Alliances" *Economic Impact*, 1987, pp. 24-29.

Steven E. PROKESCH

"Do Mergers really work" *Business Week*, 3 juin 1985, pp. 64-67.

Judith H. DOBRZYNSKI

"A new strain of merger mania" *Business Week*, 21 mars 1988, pp. 56-60.

Richard N. OSBORN et Christophe C. BAUGHN

"New Patterns of the Formation of U.S./Japanese Cooperative ventures : The rôle of technology" *Columbia Journal of World Business*, Eté 1987, pp. 57-65.

Dorothy B. CHRISTELOW

"International joint-ventures : how important are they ?" *Columbia Journal of World Business*, Eté 1987, pp. 7-13.

Lynn K. MYTELKA et Michel DELAPIERRE

"The Alliance strategies of European Firms and the Role of Esprit" *Journal of Common Market Studies*, vol. XXVI, n° 2, décembre 1987, pp. 231-253.

Emmanuel DE ROBIEN

"Les stratégies de normalisation dans le domaine de l'information" *Revue d'Economie Industrielle*, n° 39, 1987, pp. 220-227.

Philippe DE LAUBIER

"EWOS : naissance d'un véritable institut européen de normalisation" *01 informatique*, 18-01-1988, p. 8.

Geoff. LEWIS

"Computers : the new look" *Business Week*, 30-11-1987, pp. 78-85.

Mary J. FOLEY

"Computer makers change the fabric of their software strategies" *Electronic Business*, 15-03-1988, pp. 86-94.

Jacques ARLANDIS

"Le dilemme des 40 fabricants" *Telecom Magazine*, n° 8, octobre 1987, pp. 58-65.

Michel FENEYROL et Philippe GAILHARDIS

"L'échiquier mondial de la communication" *France Telecom*, avril 1988, pp. 32- 52.

Goddefroy DANG NGUYEN

"Concurrence, coopération et concentration dans l'industrie des télécommunications" *Colloque "La déréglementation asymétrique"*, Paris, 19-20 juin 1987, 47 p.

Philippe DELMAS

"Le cow-boy et le samouraï" *M.R.E.*, Paris, janvier 1984, 200 pages.

"The newshell Game" *Electronic Business*, 10-03-1988, pp. 36-40

B.E.P. "Yearbook of World Electronics Data 1988 ; volumes I et II" *Luton*, mars 1988, 226 et 229 pages.

E.I.C. "L'électronique dans le monde : Europe, Etats-Unis, Japon" *Paris*, 1987, 181 pages.

CHAPITRE IV

APERÇU SUR LES STRATEGIES DES POUVOIRS PUBLICS DES PAYS INDUSTRIALISES

1. Le rôle des stratégies des pouvoirs publics a été fondamental pour orienter l'évolution technico-industrielle mondiale de l'électronique. Evidemment, ce sont celles des économies les plus industrialisées qui pèsent le plus grand pour déterminer cette orientation. Ce sont ainsi les pouvoirs publics nord-américains qui détiennent indiscutablement la paternité de l'essor électronique. Ils ont dû faire face, à partir des années soixante-dix, à un challenger qui peu à peu est devenu dominant dans un nombre croissant de domaines sous l'action de ses firmes mais aussi et surtout en raison des stratégies des pouvoirs publics. Les pays de vieille industrialisation en Europe ont suivi avec retard l'évolution électronique américaine et, se trouvant quelque peu distancés, se sont aperçus que les mesures timides et nationales qu'ils avaient prises jusque là étaient insuffisantes. En conséquence, dans le cadre de la communauté européenne, ils mettent en oeuvre un programme "ESPRIT" qui devrait les mettre à nouveau dans la course. C'est bien en effet sur le terrain de l'électronique à une véritable course technologique à laquelle se livrent les pays industrialisés, leurs pouvoirs publics soutenant ou se substituant aux acteurs firmes. Même dans le cadre étroit de la détermination des télécommunications, on perçoit l'intensité de cette compétition mondiale.

2. Les outils traditionnels mis en oeuvre, et que l'on retrouvera partout, sont les suivants : commandes publiques, organisation d'entreprises ou d'associations, restructuration sous l'aide des pouvoirs publics, normalisations protectrices, aides et subventions directs à l'industrie et plus particulièrement participation élevée des pouvoirs publics aux dépenses de Recherche et Développement.

1. Les fondateurs : les Etats-Unis

3. Aux Etats-Unis, les ambitions de puissance militaire et spatiale ont constitué les raisons d'une implication forte et efficace de l'Etat Fédéral des années quarante aux années soixante. La demande militaire pressante pour mettre au point des tables de tir ou des profils d'ovion a été à l'origine des progrès qui vont faire passer les calculateurs de l'électro-mécanique à l'électronique. Les différentes armées américaines ont passé des contrats importants avec plusieurs universités dynamisant un mouvement qui débouche en 1946 sur la mise en oeuvre de l'ENIAC -Electronical Numerical Integrator and Computer-. Ses promoteurs universitaires fondent une firme qui, rachetée par Remington-Union (I.B.M. n'en voulait pas à l'époque et N.C.R. a hésité trop longtemps), construit un premier ordinateur (le BINAC) pour une compagnie d'ovion (NORTHROP) et un second plus puissant (UNIVAC 1, en 1951) à nouveau pour l'administration américaine, cette fois celle du recensement. Le Department of Defense (DOD) commande, cette année 1951, à I.B.M. et à Burroughs, le système SAGE "Semi-Automate Ground Environment", destiné à protéger les Etats-Unis contre une attaque aérienne surprise (déjà, sic), ce qui constitue alors un programme énorme : 1,6 milliards de dollars pour 7 ans de travail. Il permettra entre autres retombées la mise au point du réseau SABER de réservation automatique de

places de transport aérien pour la compagnie American Airlines. En 1961, la Commission à l'Energie Atomique passe un contrat de 5,5 millions de dollars avec Control Data pour un ordinateur (CDC 6600), tandis que la NASA commande aux principaux constructeurs pour 2,5 milliards de dollars de matériels et se fait, en particulier, livrer 101 ordinateurs UNIVAC 1108 pour le programme APOLLO ! Ces actions ont un effet de politique industrielle : elles sont par exemple à l'origine d'une supériorité de Control Data et UNIVAC sur les ordinateurs scientifiques et en informatique industrielle, y compris sur IBM. En 1963 encore, l'Etat Fédéral a versé 200 millions de dollars de contrats de recherche en informatique, ce qui représente le tiers des dépenses de recherche des constructeurs.

4. Dans le domaine des brigues de base, l'un des progrès révolutionnaire a été l'invention du transistor en 1948. Celui-ci a été réalisé au sein d'une équipe de laboratoire de BELL, c'est-à-dire d'une énorme entité qui dispose du monopole des services de télécommunications aux Etats-Unis, point d'appui à l'aide duquel elle est l'un des premiers fabricants mondiaux de produits électroniques. Sa recherche est donc largement financée par l'Etat de la réglementation américaine d'alors. L'utilisation du transistor sera d'abord du domaine de certains équipements de télécommunication et instrument de la réception grand public, en revanche, le premier ordinateur à transistor ne sortira qu'en 1959. Cependant, la miniaturisation du transistor pour le traitement du signal intéresse particulièrement les militaires pour leurs objets volants, en particulier quand ils sont automatiques comme les fusées, et l'Etat Fédéral va faire une intervention ciblée et massive sur l'industrie. Le projet TINKERTOY est lancé en 1952 pour la miniaturisation et la mise au point des semi-conducteurs. Quatre constructeurs reçoivent 13 millions de dollars : General Electric, RCA, Sylvania et Texas Instrument. Les interventions publiques sont clairement orientées vers des avancées technologiques précises : rapidité, miniaturisation, fiabilité. En 1956, le DOD (Department of Defense) distribue 40 millions de dollars pour la mise au point de circuits intégrés. Les firmes qui y parviennent (mais sur fond de bataille juridique en termes de brevet) ne sont pas celles ayant reçu des fonds pour cela, mais le DOD a mis en émulation l'ensemble des équipes surtout par la promesse implicite d'un formidable marché, mais aussi unique marché : il n'y a pas de marché civil équivalent. En 1959, le DOD achète 45 % des semi-conducteurs américains. En 1963, le DOD achète 94 % des circuits intégrés. La NASA emploie après 1962, de manière systématique, les circuits intégrés et l'espace devient, avec le militaire classique, l'intermédiaire de la réallocation nationale des ressources hors marché vers l'électronique. Les projets APOLLO et MINUTEMAN ont un impact important de la politique industrielle et technologique. Texas Instrument à elle seule reçoit, de 1959 à 1964, 32 millions de dollars de contrats de recherche sur les circuits intégrés par l'armée de l'air et vend chaque mois de 1964, pour MINUTEMAN, plus de circuits intégrés qu'elle n'en a vendu toute l'année 1962 ! C'est donc bien avec une implication publique très forte que les Etats-Unis construisent ce qui est au milieu des années soixante un leadership mondial de l'électronique comme conséquence de leur volonté de domination mondiale sur le plan militaire et spatial.

5 A partir du milieu des années soixante, il y a une baisse très marquée du financement fédéral de la recherche aux Etats-Unis (en % du P.N.B., on passe de 2 % en 1964 à 1,2 % en 1979), en liaison avec un déclin des marchés spatio-militaires. Le dynamisme technologique américain reste cependant très important, soutenu par la gestion commerciale, au niveau mondial, de l'avantage technologique procuré par les dépenses publiques de la période précédente, et par un phénomène que caractérise bien l'évocation de la "Silicon Valley". Toutefois, au cours de cette période, les progrès de l'électronique japonaise commencent à inquiéter les responsables américains et dès 1978, le DOD réactive les recherches et va lancer de nouveaux programmes. En 1980, c'est le plan VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit) pour la période 1981-1987, doté d'environ un milliard de dollars avec des projets centrés sur les circuits intégrés et les processeurs. Ce plan se trouve ensuite réintégré dans l'énorme programme S.D.I. (Strategic Defense Initiative), dit de guerre des étoiles, en principe doté de 25 milliards de dollars pour 1984-1990. La DARPA (Défense Advanced Research Projects Agency) a mis en chantier à la même époque un autre projet très ambitieux pour la période 1984-1990, doté d'un milliard de dollars, le Strategic Computer Program. Le tableau IV-1 montre l'étendue du spectre de ce programme et par suite l'importance de l'implication des militaires américains dans le développement technico-industriel de l'électronique.

Tableau IV-1 : LES DOMAINES DU PROGRAMME DARPA DE STRATEGIC COMPUTER AUX ETATS-UNIS

Major goals	Develop a broad base of man-made intelligent technology to maintain national security and economic strength
Military applications	Autonomous systems Pilot's assistant Battle management system
Technology base Intelligence functionality	Vision Speech Natural language Expert systems Navigation Planning and Reasoning
Technology base Systems architecture	High-speed signal processing Symbolic processors General-purpose systems Multi-processor software
Technology base Microelectronics	Silicon and GaAs technology VLSI systems
Information	Networks Research machines: Rapid machine prototyping Implementation systems, foundations Interoperability protocols Design tools

Source : d'après E. ARNOLD et K. GUY, 1986, p. 40.

6. Les efforts des pouvoirs publics nord-américains se sont également poursuivis en empruntant une direction nouvelle : intervenir dans l'organisation de l'industrie. Jusqu'ici, les seules interventions avaient eu pour but d'assurer que les lois de la concurrence étaient respectées, qu'il n'y avait ni entente ni concentration excessive qui amèneraient des positions dominantes. Alors que les programmes militaires avaient fait travailler des firmes américaines de manière indépendantes, les pouvoirs publics vont favoriser des travaux en commun de plusieurs firmes.

7. Deux projets lancés en 1982-1983 vont constituer par leur importance une référence concernant cette inflexion de la mentalité américaine dans ce domaine, qui sera confirmé de manière législative en 1984 et 1986. L'un et l'autre ont été lancés par un grand constructeur de l'informatique, Control Data en janvier 1982 pour le premier, le second courant 1981 par I.B.M. Le projet lancé par Control Data, la Micro-electronics and Computer Technology Corporation, "M.C.C.", est une association privée sans but lucratif dont les partenaires sont des entreprises qui fournissent des chercheurs à un laboratoire commun et des financements : un financement global et des financements spécifiques concernant les projets qu'elles soutiennent. Les brevets appartiennent à l'association mais pendant trois ans, seules les entreprises participantes peuvent les exploiter. Ensuite, les licences sont cédées et les participants se partagent les dépenses avec l'association. Il s'agit donc d'un regroupement pour se partager les coûts d'une R. et D. mais qui peut, au regard de la loi antitrust, constituer une distorsion de la concurrence. Le National Cooperative Research Act d'octobre 1984 a donné une légalité à ce type d'association qui, au moment de la légalisation, était déjà relativement répandu : une quarantaine a alors été enregistrée. Le deuxième projet, lancé par I.B.M., aboutit à la création en 1982 de la Semi-conductor Research Corporation, "S.R.C.". Cette association sans but lucratif a son siège dans le North Carolina Research Triangle Park et a pour but de coordonner des recherches dans les semi-conducteurs, recherches qui seront exécutées dans des laboratoires universitaires ou privés. La S.R.C. peut également allouer des aides à des centres d'excellence et des bourses à des chercheurs. Elle a pour objectif de construire un centre pilote capable entre autres de produire une mémoire de 16 Mbits et d'en concevoir une de 1 Giga (1 milliard de) bits ! Si la préoccupation concrète est loin d'être absente, l'un des objectifs qui ne se trouve pas dans le projet précédent est de mettre la recherche fondamentale universitaire au service de l'industrie. Cette perspective se trouve renforcée par le Federal Technology Transfer Act de 1986 qui devrait permettre un transfert privilégié des recherches fondamentales des laboratoires nord-américains vers les entreprises du pays.

8. Si les deux projets précédents s'efforcent d'organiser un transfert en potentiel scientifique national vers l'industrie pour le marché civil, et même un partage des coûts pour développer leur potentiel technologique à exploiter sur les marchés civils, il existe également aux Etats-Unis un courant d'opinion qui voudrait voir le DOD financer l'industrie civile parce que la sécurité américaine exige que cette industrie des semi-conducteurs reste compétitive et indépendante. C'est ce souci qui anime deux autres projets en cours. Le projet de la Semi-conductor Industry Association de créer un "SEMATECH" qui

s'occuperait et de développement en commun et de fabrication de composants électroniques technologiquement les plus avancés avec une mise de fonds initiales de 250 millions de dollars et la perspective de demander le soutien du DOD. De fait, le deuxième projet est issu d'un rapport du conseil scientifique de la défense, dirigé par Norman AUGUSTINE, Président de Martin MARIETTA. Le rapport propose que le DOD apporte 200 millions de dollars par an à un SMTI (le sigle veut dire la même chose que le précédent SEMATECH) qui sera un consortium de firmes de hautes technologies ; il fera de la R. et D. avancée et mettra en place des unités de production pour des dispositifs sélectionnés en fonction des besoins du DOD.

9. Les militaires américains s'efforcent effectivement d'avoir recours, pour des raisons de souveraineté, à l'étranger pour s'approvisionner en circuits de pointe. Ceci concerne d'ailleurs particulièrement leurs rivaux américains directs en ce domaine, à savoir les Japonais. Ainsi, par exemple, Fujitsu a dû renoncer en mars 1987 à prendre le contrôle de Fairchild, détenue jusque là par un européen, SCHLUMBERGER (qui avait signé un accord avec Fujitsu en octobre 1986), car le Pentagone ne pouvait imaginer avoir un fournisseur privilégié contrôlé par un Japonais. Fairchild cependant accumule les pertes depuis plusieurs années et a dû être repris par une firme américaine (N.S.C.). Pour éviter que cela se reproduise, les militaires doivent injecter des dollars. C'est ce qu'ils font au travers de multiples contrats. Par exemple en 1987, la DARPA a lancé un contrat de trois ans, d'un montant de 20 millions de dollars, pour une ligne pilote de circuits intégrés à l'arséniure de gallium. Le contractant, A.T.T.-Bell Lab., est entouré de deux sous-contractants, Hughes Aircraft et McDonnell-DOUGLAS les spécifications sont précisées et la DARPA indique même qu'elle est prête à rajouter 10 millions de dollars pour des circuits encore plus avancés.

10. Il est clair qu'en dépit de l'inexistence officielle d'une politique industrielle aux Etats-Unis, inexistence poursuivie malgré un débat important sur son opportunité qui a animée le paysage politique ces dernières années, la réalité d'un complexe militaro-industriel en tient lieu, et l'on peut affirmer qu'il a pour objectif implicite d'éviter que les Etats-Unis perdent le leadership technico-industriel mondial particulièrement dans l'électronique. Par ailleurs, en matière de politique commerciale, les Etats-Unis ont toujours hésité à jouer un jeu véritablement libéral. Aujourd'hui, les tentations protectionnistes sont très fortes (cf chapitre III, 2.2.1.). On peut rappeler ce qui s'est passé dans le commerce mondial des mémoires où, face à la domination niponne, les Etats-Unis ont amené les Japonais à signer, en juillet 1986, un accord bilatéral imposant un prix plancher, une "Fair Market Value", qui correspond en fait au prix auquel en principe les producteurs américains peuvent survivre. On sait également qu'ils ont décidé, à compter du 1er janvier 1989, qu'un certain nombre de pays ne bénéficieraient plus des avantages de leur schéma de S.G.P. (Système Généralisé de Préférences) réservé aux pays du Tiers-Monde. La Corée en particulier en sera désormais exclue.

2. Le challenger dominant : le Japon

11. Le Japon cherche à rattraper l'Occident ; avant et plus encore depuis la seconde guerre mondiale, il s'agit surtout d'un objectif économique de développement. A la fin de l'occupation américaine en 1952, le Japon est un pays à l'économie encore vacillante mais qui, malgré les destructions de la guerre, dispose d'une ressource humaine de qualité que le processus de développement, qui avait été engagé depuis l'ère du MEIJI, a contribué à constituer. Pays sans ressource en matières premières, le Japon apparaissait à l'occupant lui-même comme devant réaliser son redressement par l'industrie. C'est la raison pour laquelle le général Douglas MACARTHUR a attribué légalement au MITI, formé en 1949, d'immenses pouvoirs lui assurant la maîtrise du commerce extérieur, du régime des changes, des investissements, des joint ventures et des transferts de technologies. Cette loi, que le général considérait comme temporaire, est restée en vigueur jusque 1979. Le MITI a conduit une politique fortement protectionniste vis-à-vis de l'entrée de marchandises et des investissements, tout en facilitant les achats de technologie. Simultanément, il a stimulé une forte concurrence entre les entreprises japonaises, il a favorisé l'accumulation du capital et les gains de productivité en offrant des facilités de financement aux entreprises performantes, enfin il a fait une active promotion d'exportation en encourageant les petites entreprises à former des cartels d'exportation et en renforçant la position des maisons de commerce. Bref, le MITI a mis au service de sa stratégie de développement industriel une palette complète de tactiques qui, ici et là, étaient élevées, en économie ou développement, au rang de stratégies s'excluant mutuellement.

12. Le terrain d'action du MITI a été celui déjà ancien de vastes entreprises à l'expérience ancienne, de Toyota à Hitachi, mais aussi du terrain d'entreprises nouvelles à l'image de Sony, créée dans les ruines de Tokyo en octobre 1945 par Akio MORITA. Terrain aussi de chercheurs dont l'attrait pour l'électronique n'est pas négligé, bien que l'heure soit à la reconstruction des équipements lourds et alors qu'à la fin de 1948 tout le monde n'a pas encore compris que le transistor remplacerait partout le tube à vide. Le MITI et le N.T.T. (entreprise créée en 1952 par le ministère des Postes et des Télécommunications, M.P.T.) ont mené chacun dans leur laboratoire d'électronique (E.T.L., et E.C.L. respectivement) des recherches sur le transistor qui ont toutes deux abouti, le premier étant N.T.T., son transistor a été exposé en juin 1953. Le retard sur les Américains est alors de 5 ans, mais il est plus important sur le plan de l'industrie, ce qui explique la politique menée par le MITI.

13. En 1973, la position du Japon n'inquiète pas les Etats-Unis. Globalement le Japon exporte 29,2 % de sa production, mais les produits exportés sont à plus des trois quart de l'électronique grand public (où le taux d'exportation est déjà de 46 %) et des composants simples. En revanche, il produit encore peu et n'exporte pratiquement pas de circuits intégrés, couvrant ses besoins à 70 %. S'il en produit, c'est cependant à l'issue d'une dure bataille menée en 1967-1968 pour obtenir le transfert de technologies américaines et qui a permis en particulier l'accord avec Texas Instruments. Cette firme a cédé sa licence avec des

droits modérés, créant une joint venture avec Sony à 50/50, tout en acceptant de limiter sa production à 10 % du marché japonais. Cette bataille est étroitement liée au fait d'une conception très dynamique du rattrapage à réaliser tant du côté du MITI que du côté des industriels. L'Europe des années cinquante débouche sur le charbon et l'acier, l'industrie du XIXe siècle, et l'Eurotom, l'énergie potentielle issue de programmes militaires. Après bien des difficultés, la seule politique commune sera celle de l'agriculture. Le Japon s'est pénétré de l'idée d'évolution technologique permanente et le MITI semble avoir eu très tôt l'intuition de l'importance stratégique de l'électronique pour une sorte de mutation industrielle.

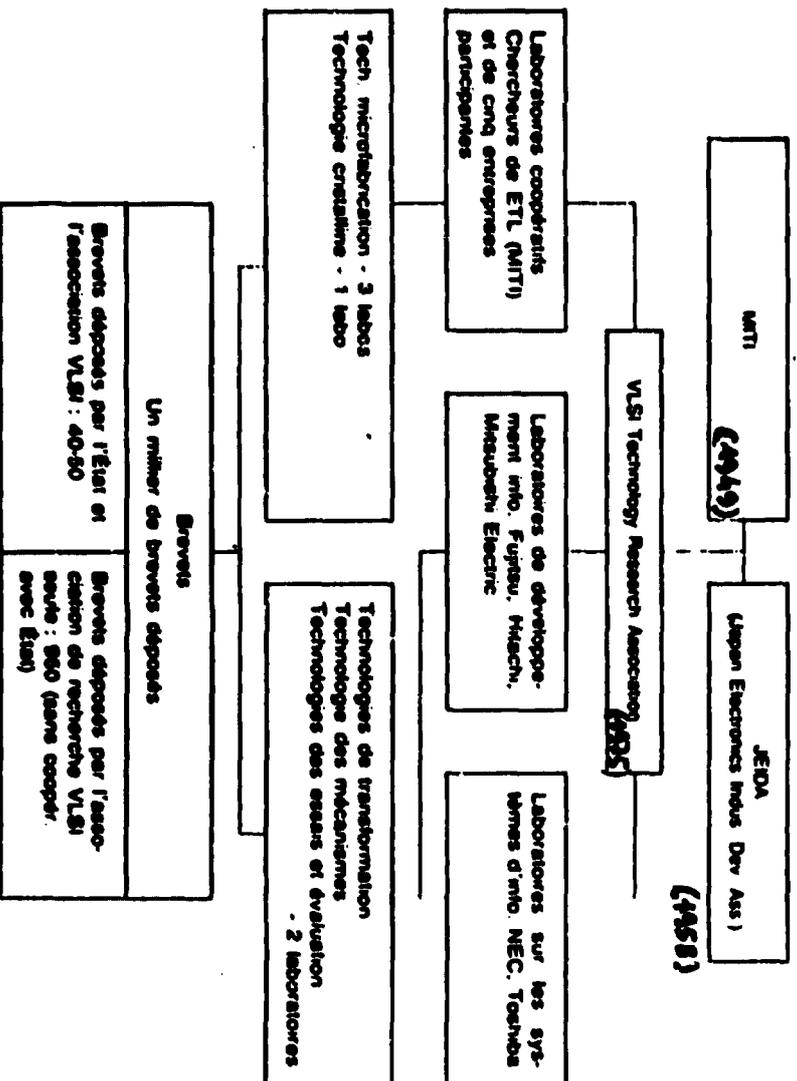
14. Dès 1956 et 1957, deux lois (Mesures temporaires pour la promotion de l'industrie mécanique et Mesures temporaires pour la promotion de l'industrie électronique) tracent une voie qui sera labourée de plus en plus profondément. En 1960, face aux importations d'ordinateurs qui couvraient 70 % du marché national, le MITI a pris une série de mesures douanières, de commandes publiques, de promotions industrielles et de systèmes de leasing (aidé par la Banque japonaise de développement) afin de limiter l'emprise des entreprises étrangères, essentiellement I.B.M. Celle-ci a été autorisée à s'installer sous réserve de signer des accords de licence réciproque avec une dizaine de fabricants japonais, accords renouvelés (avec 15 acheteurs) en 1971. Pour regrouper les efforts, le MITI a incité des grands fabricants japonais à constituer un institut de recherche (Japon Information Processing Center), lequel, conjointement avec un laboratoire propre du MITI, a mis sur pied le projet de Super High-Performance Electronic Computer Development Project (1966-1979), doté de 28 millions de dollars. En 1971, les deux lois de 1956 et 1957 ont été renforcées par leur intégration dans une loi nouvelle (Kidenko) de promotion d'industries électroniques et mécaniques spécifiques : ordinateurs, circuits intégrés, disques magnétiques, première série de rapprochements qui se sont révélés éphémères mais qui ont amené des premiers résultats importants en informatique et qui ont ouvert la voie aux opérations suivantes.

15. Le N.T.T. et le MITI vont être à l'origine en 1975 de très importants programmes de R. et D. qui ont pour objectif de permettre aux Japonais d'accéder à un savoir-faire qui soit à un niveau de l'état de l'art électronique mondial dans les circuits intégrés. N.T.T. s'est évidemment orienté vers les applications spécialisées en télécommunications, tandis que le MITI était surtout préoccupé par l'informatique. N.T.T. a formé en 1975 un consortium avec Fujitsu, Hitachi et NEC. Les objectifs de recherches étaient précisés sous la houlette de N.T.T. et des ingénieurs de son laboratoire, ce dirigeaient les recherches au sein des laboratoires des firmes. Il n'y avait pas de financement direct mais des subventions par l'intermédiaire des passations de marché. En 1978, les commandes de N.T.T. représentaient 10 % de la consommation japonaise de semi-conducteurs, c'est-à-dire 230 millions de dollars.

16. Le MITI est à l'origine de la création de l'association de Recherche en VLSI (Very Large Scale Integration) formée en 1975 par les 5 plus grands fabricants d'ordinateurs : Fujitsu, Hitachi, Mitsubishi, NEC, Toshiba (rejoint en 1979 par OKI et

SHARP), sous la direction générale de Yasuo TARUI du laboratoire de recherche d'électro-technique du MITI. L'association s'est donnée six champs de recherche : *La technologie de micro-fabrication (saisonn d'électrons et rayons X), traitement de plaques de silicium de grand diamètre à faible taux de défaut, conception assistée par ordinateur, matériel et procédés VLSI, matériels de tests VLSI et logique et mémoires VLSI (64 k DRAM)*. (S. TATSUNO, 1987, p. 48). Le tableau IV-2 montre l'organisation de cette recherche en trois laboratoires et l'ampleur des résultats de ce plan de 5 ans (1976-1980). Pour y parvenir, les membres du projet ont reçu en prêts environ 300 millions de dollars qui étaient à hauteur de 40 % sans intérêt et remboursables sur les bénéfices ultérieurs, prêts fournis alors par le MITI (Tojokiri¹⁷). Ces plans sont accompagnés par la loi de 1978 qui transforme celle de 1971 en loi de promotion des industries mécaniques et de l'information qui fait entrer le Japon dans la mécanique, c'est-à-dire le renouvellement complet de la machine, au coeur de tous les processus de production : l'industrie mécanique s'électronise. Le tableau IV-3 donne la chronologie des plans japonais. On y voit clairement la poursuite de ces efforts passés.

Tableau IV-2 : L'ORGANISATION DU PROJET DE RECHERCHE JAPONAIS VLSI (1976-1989)



Source : Daniel Okamoto, - Pioneer and Pursuer : The Role of the State in the Evolution of the Japanese and American Semiconductor Industries -, Working Paper, 1983. Voir D. Okamoto et al., *Competitive Edge : The Semiconductor Industry in the U.S. and Japan* Stanford, CA : Stanford Univ. Press, 1984

Source : S. TATSUNO, op. cit., p. 279.

Tableau IV.3 : CHRONOLOGIE DES PROGRAMMES DE RECHERCHE JAPONAIS

UNE CHRONOLOGIE DES PROGRAMMES DE RECHERCHE JAPONAIS EN ELECTRONIQUE

	Durée du programme	Budget du programme millions de Yens	Organisme public de tutelle
1. - INFORMATIQUE			
Ordinateur hyper performant	1966-1981	70 000	AISI (1)
Développement de matériel informatique	1972-1976	50 000	
Système de traitement informatique de tous caractères (2)	1971-1980	22 000	AISI (1)
Ordinateur de 4e génération	1976-1979	150 000	
Développement de logiciels	1976-1979	6 000	
Périphérique avec entrée-sortie en japonais	1979-1983	23 500	MITI
Calculateur scientifique ultra-rapide (70 M de flops) (10) 5 G.F.S. (100 mega à 1 giga flops)	1981-1989	23 000	ICE (3) (4)
Développement de logiciels pour P.M.S.	1983-	100 000	ICOT (7)
Compilateur de logiciels (SISOs)	1985-1989	25 000	JREC (6)
2. - COMPOSANTS			
Projet VLSI	1976-1980	30 000	MITI
VLSI pour télécommunications	1975-1980	46 000	MITI
Logiciels pour VLSI (CAD/FAB)	1975-1983	22 000	
VLSI de dernière génération (JISEDAI) dont :	1981-1990	25 000	MITI (6)
- matériaux macromoléculaires électroconductibles	1981-1980	nd	
- élément ultra réseau	1981-1980	nd	
- élément de circuit tridimensionnel	1981-1980	nd	
- élément renforcé anti-environnement	1981-1980	nd	
Exploratory Research for Advanced Technology (ERATO)	1982-1987	30 000	JREC sous contrôle A2E
3. - ROBOTIQUE ET AUTOMATISME			
Premier programme RCM	1971-1977	0 000	
2nd programme RCM	1977-1984	22 000	
Recherche fondamentale en automatisation	1976-1983	47 000	
Automatisation maximale de processus avec laser (petites séries)	1977-1983	13 700	AISI (1) (4)
Mesure et contrôle opto-électronique de processus	1979-1986	16 000	AISI (1) (4)
Recherche fondamentale en robotique	1981-1988	30 000	
Fabrication automatisée de composants	1982-1989	13 000	AISI (1) (4)
Act. JUPITER pour environnement critique	1983-1996	40 000	AISI (1) (4) (5)
4. - TELECOMMUNICATIONS			
Advanced Information Processing System (9)	1975-1980	40 000	MITI
Information Network System	1982-2000	20 000 000 (12)	MITI

- (1) L'Agence des Sciences et Technologies Industrielles, ou HOETOKI JUISHO, crée en 1948, dépend de MITI
- (2) Pattern Information Processing System ou PIPS
- (3) DENKAIJISHO DOKU KENKUSHO ou Laboratoire Général d'Electricité dépend de l'AISI avec 15 autres laboratoires.
- (4) fait partie des grands projets nationaux de MITI, les "GIGANT PROJECTS".
- (5) la génération franco-japonaise
- (6) JISEDAI SANGYO GIKUJYO KENYU KAIJITSU ou Programme de R.D. des techniques pour les industries de la prochaine génération.
- (7) Institute for Information Computer Technology. financé par le MITI à hauteur de 50 % de projet.
- (8) NIPPON JUSENJI KENYU KENYU, Agence japonaise pour le développement des technologies de l'information.
- (9) très grands ordinateurs pour le temps partagé.
- (10) le programme ERATO ne concerne pas l'électronique, il porte sur les matériaux (p.14ndres SC).
- (11) concerne, en fait, le développement des composants ASGA. IBM et Johnson.
- (12) Y compris les investissements d'infrastructures.

Source : GENDIC d'après :

- Japan Economic, n° 140, 30 mai 1981, p. 4-9 ;
- Problèmes Politiques et Sociaux, n° 493-494, 24/06/84, p. 17, 25, 32 et 44.
- Electronic Business, 15 juin 1985, p. 84-85.

3. Le surcoat de la vieille Europe

3.1. Aperçu général sur quelques interventions nationales

17. Les pouvoirs publics des pays européens ne sont pas intervenus aussi rapidement que le Japon dans le fonctionnement de leurs industries électroniques pour différentes raisons. La première est certainement qu'ils avaient d'autres problèmes concernant leur industrialisation ancienne et qu'ils devaient, dès le début des années soixante, "défendre" leur industrie textile. La seconde raison, symétrique de la première, tient au fait que leur électronique ne semblait pas se porter si mal que cela au vue des indicateurs habituels tels que ceux du commerce extérieur. La troisième combine la seconde d'une autre manière : si les comptes extérieurs se portaient bien, c'est en particulier parce que, au contraire du Japon, l'Europe avait été une terre accueillante aux firmes multinationales américaines. Aussi, faut-il attendre la fin des années soixante pour voir apparaître les premières mesures européennes. L'Allemagne commence à soutenir son industrie informatique et électronique en 1967 ; c'est aussi cette année là que la France lance son plan Calcul après le refus américain de lui vendre les ordinateurs dont elle a besoin pour son programme nucléaire. En 1968, la Grande-Bretagne restructure son industrie informatique autour de I.C.L. Voilà que s'ouvre une époque d'interventions accrues dans l'industrie électronique et de subventions à l'industrie. Le tableau IV-4 montre l'élévation relative du niveau de ces subventions pour onze pays européens et le tableau IV-5 met en parallèle les interventions des pouvoirs publics pour les trois grands pays européens, dans l'industrie électronique entre 1968 et 1984.

Tableau IV-4 : SUBVENTIONS AUX ENTREPRISES PRIVEES EN POURCENTAGE DU P.N.B.

	1970	1982		1970	1982
Belgium	1.3	1.6	Denmark	2.8	3.2
France	2.0	2.2	West Germany	1.7	1.8
Great Britain	1.7	2.0	Italy	1.5	2.9
Netherlands	1.3	2.5	Norway	5.1	6.5
Austria	1.7	2.9	Sweden	1.6	5.0
Switzerland	0.8	1.3			

Source: Bundesministerium der Finanzen (1985), p. 20.

Source : d'après G. JUNNE et R. VAN TULDER, 1988, p. 162

Tableau IV-5 : INTERVENTIONS PUBLIQUES : AIDES ET RESTRUCTURATION DANS L'ELECTRONIQUE, EN FRANCE, AU ROYAUME-UNI ET EN ALLEMAGNE

FRANCE 1968	1970	1973	1975	1978	1978-9	1981-2	1983-4
Government fosters SECO (Thomson) and COSEM (CSF) merger to create SECOSSEM (Thomson) heavily supported by state	EFCIS (semiconductors) created as joint venture between Thomson and CEA (Atomic Energy Commission)	Creation of UNIDATA (computers), a joint venture of CII, Siemens and Philips. Uncertain government attitude	Failure of UNIDATA. Government supports merger of CII and Honeywell-Bull	Thomson takes over semiconductor division of LTT and SILEC	Government supports joint ventures of: Saint-Gobain National Semiconductor; Matra Harris; Thomson Motorola. Saint-Gobain entry into CII and Olivetti. Support of Radio-Technique (Philips). (5 pole of production)	Nationalization of CGE. Thomson, Saint-Gobain, CII-HB (becomes Bull); majority stake in Matra	Concentration of computer activities of Thomson, Saint-Gobain and CGE with Bull. Thomson takes over: the joint venture of Saint-Gobain and National Semiconductor (Euro-technique) and the semiconductor business of CGE. Of the 5 poles of production, only two remain. Saint-Gobain withdraws from Olivetti. CGE takes a 10% share in the Italian firm
GERMANY	1970	1973	1975	1978-9	1979-80	1983	1984
	Creation of DATEL. Joint venture of state, Siemens, AEG-Telefunken, Nixdorf (in computer applications)	Creation of UNIDATA (see above). Favourable government attitude	Siemens take-over big computer division of AEG (approved by state)	Rescue of AEG-Telefunken by a consortium of banks. Indirect Federal support	Plans for the establishment of a joint research laboratory of the three major firms and public agencies (Berlin Synchrotron Projekt)	Semiconductor division of AEG merged with Mostek (United Technologies) in a joint venture. Telefunken taken over by Thomson	Joint research in Germany of ICL, Siemens and Bull (in computers and information technology). Takeover of Grundig by Philips (after disapproval by the Bundeskartellamt of the same effort by Thomson)
UK 1968	1976-8	1978	1980	1984			
Joint venture between Mullard (Philips) and GEC, taken over by the former. Series of mergers lead to P.L. (computers) 10.5% owned by state	NEB buys shares in Ferranti (computers, semiconductors, military, etc.) and in various small and medium firms in software, industrial and consumer electronics	Constitution by NEB of INMOS (VLSI memories and MPU's). Entirely publicly financed	Conservative Government sells ICL and Ferranti to private market	Government sells its 75% share in INMOS to Thorn-EMI. STC (25% owned by IIT) tries to acquire ICL			

Source: data 1968-80 from Posi (1981), p. 94; after 1980 from own observations.

3.2. La politique allemande

18. En Allemagne, comme aux Etats-Unis, il n'y a pas officiellement de politique industrielle. Toutefois, depuis la création du BMFT (ministère fédéral de la Recherche et de la Technologie) en 1972, l'Allemagne s'est dotée en quelque sorte d'un guichet unique pour aider, et orienter, la Recherche et Développement dans les entreprises allemandes et favoriser ainsi, d'une certaine manière, ce qui lui semble préférable. Entre 1967 et 1979, l'Allemagne a fait se succéder trois plans pour l'informatique. En 1974, elle a lancé un premier plan de 5 ans (1974-1978) pour les composants électroniques (Elektronische Bauelemente) suivi d'un programme micro-électronique (Zeitungsplan Mikroelektronik) pour 1979-1983.

19. En 1984, l'Allemagne s'est dotée d'un programme unifié pour les technologies de l'information (1984-1988) de trois milliards de DM et financé non seulement par le BMFT, mais aussi, pour la première fois, par le ministère de l'Economie et par la Poste. Le tableau IV-6 présente les principaux programmes soutenus par les pouvoirs publics allemands. On remarque sans difficulté l'étendue des domaines visés et l'importance de l'effort financier.

Tableau IV-6 : LES PROGRAMMES SOUTENUS PAR LES POUVOIRS PUBLICS ALLEMANDS DANS LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

Project	Structure and institutions involved	Duration	Budget (DMm.)
<i>Components</i>			
Microperipherals	Joint projects and 'indirect support'	1985-88	330
CAID for ICs	Industry, universities, FraG, VDI, Technical Centre, GMD, Heinrich Herz Institute	1984-88	90
Submicron technology (basic research)	Focus on FraG, universities	1984-88	600
New components technology (basic research)		1984-88	200
Integrated optics	New centre at Heinrich Herz Institute/joint co-operation	1984-88	90
Key microelectronics components (applied research into technological and systems engineering)	BMFT	1984-88	90
<i>Data processing</i>			
CAID for hardware and software design	Joint projects	1984-88	160
New computer structures, e.g. parallel processing		1984-88	160
Knowledge processing for experts systems and pattern recognition for quality testing of components	Joint projects	1984-88	300
Encryption techniques	Interdepartmental committee run by Minister of Defence		
Software	Possible increased support Labour Cost Subsidy programme		
<i>Industrial automation</i>			
Production engineering programme will		1984-87	530
(a) introduce CAID/CAM to medium-size enterprises:	Joint projects		
(b) promote development of robots;			
(c) promote development of flexible manufacturing systems.	Joint projects		
<i>Telecommunications</i>			
Optical technology (basic components research)	BMFT	1984-88	360
Broadband networks	DBP	p. 2.	1-2,000*
High-definition TV	BMFT	1984-88	60
<i>Research infrastructure</i>			
Research network based on PSTN	BMFT	1984-88	100
<i>Education</i>			
Application of IT to vocational training			20-25
<i>Studies</i>			
On technology impact for Conference '1984 and thereafter'	BMFT	1984	
On IT at the workplace	BMFT, Economics and Labour Ministries	1984 onwards	
Five-year ISDN development plan	BMFT		
Ten-year ISDN development plan	BMFT		
On DBP structure	Post and Telecoms Committee (new)	late 1985	

*This overall figure includes projects listed separately above.
Source: EEC, 1984a, Section 5.

3.3. La politique britannique

20. Juste après la guerre, c'est le Post-office qui, en Grande-Bretagne, a aidé l'industrie électronique en favorisant la création en 1956 du "Joint Electronic Research Committee" pour coordonner les efforts menés par l'industrie britannique afin de mettre au point de nouveaux centraux de commutation. En informatique, les pouvoirs publics, après avoir favorisé sa création, ont constamment soutenu I.C.L. jusqu'à sa fusion en 1984 avec S.T.C. Les interventions des pouvoirs publics ont été très nombreuses avec des soutiens financiers importants comme le montre le tableau IV-7. On notera par exemple la création d'une firme publique pour fabriquer des circuits intégrés, INMOS, en 1978, toutefois cette firme retournera au secteur privé en 1984 (voir tableau IV-5). De la même manière, cette année là l'opérateur public des services de télécommunications, British Telecom (né de la séparation d'avec les postes en 1981) s'est privatisé. Les pouvoirs publics britanniques ont donc voulu se dégager. Toutefois, ils ont lancé en 1983 pour cinq ans (et le programme a été effectivement considéré comme clos en 1988) un programme ALVEY en réponse, en fait, au projet d'ordinateur de 5e génération auquel ils avaient été conviés, comme les autres pays industrialisés, par le Japon. Doté de 200 millions de livres sterling, le programme ALVEY est très ambitieux mais également très en amont du marché, ce qui permet à ses promoteurs d'expliquer que des effets concrets ne pourront se faire sentir immédiatement sur le marché.

**Tableau IV-7 : LES MESURES PUBLIQUES EN TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION
EN GRANDE-BRETAGNE**

<i>Year(s)</i>	<i>Title</i>	<i>Value</i>	<i>Notes</i>
1968	Industry restructuring	10.5 per cent of equity in ICL	Government-backed merger of ICT and English Electric's DP Department
1968-73	R&D grants for ICL, unrepaid loans	£7m	Government funds for development of independent technology
1973-82	Software Product Scheme	£40m £9m	25-30 per cent grants to costs of developing package software
1973-8	Microelectronics Support Scheme	£10m	Support for domestic microelectronics firms
1973-8	Advanced Computer Technology Project	£2m pa \$5m pa	Support for domestic semiconductor firms
1976	Component Industry Scheme	£5m \$9m	Support for domestic components firms
1978	Microelectronics Industry Support Scheme (MISP)	£55m \$110m	50 per cent grants to R&D and 25 per cent to cost of productive investments
1978-81	Microprocessor Application Programme	£41m \$73m	For diffusion of micro-electronic applications in industry
1978	Creation of INMOS	£50m \$100m	NEB sponsored, to create memory device firm in Britain
1979	Microelectronics in Education Programme	£10m \$18m	For diffusion of micro-electronic applications in schools
1981	MISP extended	£30m	IT R&D support
1982	CAD/CAM scheme	£6m	Increase awareness and courses in CAD/CAM
1982-6	Flexible Manufacturing Systems Scheme	£60m	50 per cent grants for consultancy, 33 per cent for development costs
1982-3	Software Product Scheme	£10m	Programme revamped
1983	Software Product Scheme	£25m	Increased funding
1983	Alvey Programme	£200m	50 per cent grants to cooperative IT R&D projects

Source : P. JOWETT et M. ROTHWELL, 1986, p. 14.

3.4. La politique française

21. La tradition d'intervention des pouvoirs publics dans l'économie, dite "colbertisme", a fait que tous les gouvernements se sont intéressés au fonctionnement de l'industrie, mais surtout depuis 1967 en ce qui concerne l'électronique. Cette intervention s'est accompagnée de financements plus ou moins importants (cf tableau IV-8) et de fréquentes restructurations. Dans la période récente, l'essai d'intervention le plus soutenu a été mené lors du premier gouvernement socialiste (1981) qu'avait connu la France depuis près de 25 ans. L'Etat a alors procédé à la désignation et à la configuration de pôles nationaux dans différents domaines : composants, informatique-bureautique, télécommunications, productique, électronique professionnelle, électronique grand public. Simultanément, l'Etat a nationalisé ou pris le contrôle majoritaire de tous les grands groupes français autour desquels ont été constitués ces pôles nationaux. L'ensemble allait être plus ou moins encadré par un programme quadriennal (1983-1987) de 140 milliards de francs (dont 55 à la charge de l'Etat) et dit Plan d'Action Filière Electronique, "PAFE", dans lequel les pouvoirs publics avaient mis de grands espoirs : croissance très vive de l'emploi, rééquilibrage du commerce extérieur, remise à niveau technologique de l'industrie française et bien sûr croissance de la production. A l'intérieur, ou à côté d'un PAFE en fait peu structuré, on a pu trouver un plan-image, un plan mini-informatique, un plan micro-électronique, un plan composants passifs, un plan productique (pour moderniser les entreprises de transformation), un programme PUCE (pour que les PME introduisent des composants électroniques français dans leurs produits), un programme super-calculateur dit MARISIS. Le pilotage (et le financement public en partie) du PAFE est revenu à la D.G.T. (Direction Générale des Télécommunications) qui, par ailleurs, continue le plan Télématique, lancé après le rapport NORA de 1978. La France s'était engagée dans la création d'un réseau de transmission de données, dit de télématique, "TRANSPAC", avec une version grand public qui aboutit au Minitel et son premier service d'annuaire électronique lancé en 1983. Ce service Vidéotex est la plus vaste de toutes les autres expériences nationales (plusieurs millions d'utilisateurs). La D.G.T. a en outre lancé un plan Câble. Les résultats obtenus ont été relativement modestes. A partir de 1986, un nouveau gouvernement a lancé un programme de privatisation qui a touché la plupart des firmes de l'électronique qui n'avaient cependant pas attendu ce moment pour prendre des décisions non conformes aux directives étatiques. Si l'Etat continue de procéder à divers financements, il semble avoir abandonné pour le moment l'idée de les regrouper dans un grand ensemble structuré.

Tableau IV-8 : LES AIDES DE L'ETAT FRANÇAIS A L'ELECTRONIQUE (1967-1981)

Branche	Firmes bénéficiaires	Période 1967-1971
Grosse informatique	C.I.I.	400 millions de francs pour frais et marchés d'étude, 125 millions de francs de prêts + 10 millions de francs (1)
Péri-informatique	S.P.E.R.A.C.	100 millions de francs (marchés d'étude et crédits de développement) (2)
Composants	Sescosem	100 millions de francs subventions (2)
Télécommunications	C.I.T.-Alcatel, câbles de Lyon (groupe C.G.E.) G.S.S., A.O.I.P., L.M.T., L.T.T., C.G.C.T. (groupe I.T.T.) Ericsson	12 milliards entre 1954 et 1965 (2 ^e , 3 ^e et 4 ^e plans) 4 milliards par plan 12 milliards pendant le 5 ^e plan (1966-1970) (3)

En 1971, le 2^e "Plan Calcul" s'installe : l'Etat signe avec les industriels une convention de 4 ans (1971-1975) avec un budget de 1315 millions de francs pour l'informatique, la péri-informatique, les composants, les logiciels et la recherche. C'est aussi le moment de forts investissements destinés à l'extension du réseau téléphonique (*) d'un soutien à la recherche via le CNET pour les centraux numériques.

1974-1981

	AIDES ETATQUES MF - Millions de francs	FIRMES BENEFICIAIRES
GROSSE INFORMATIQUE	1 200 MF de subventions (1976-1980) 950 MF : aide accordée à l'occasion du rachat de C.I.I. par HONEYWELL (1973) 4 000 MF commandes publiques (1976-1980)	C.I.I. puis C.I.I.-H.B.
MINI-INFORMATIQUE	250 MF aides + subventions (1976)	S.E.M.S. (THOMSON)
PERI-INFORMATIQUE	100 MF aides (1977-1980)	S.E.M.S. (THOMSON), TRANSAC, SINTRA (C.G.E.), BENSON, LOGABAX, INTERTECHNIQUE, PYREL (RHONE-POULENC)
COMPOSANTS	400 MF aides (1976-1982) Création du C.N.E.T. - Grenoble (opérationnel fin 1981)	SESCOSEM, EPCIS (THOMSON), R.T.C. (PHILIPS), SAINT-GOBAIN, MATRA
E.G.P., BUREAUTIQUE	Aides de C.O.D.I.S. (1980)	VIDEOCOLOR (THOMSON), C.I.T.-ALCATEL (C.G.E.)
TELECOMMUNICATIONS	120 000 MF d'autorisation de programmes (1976-1980)	THOMSON, C.G.E., A.O.I.P., C.G.C.T. (I.T.T.-FRANCE)

(*) La croissance du réseau téléphonique français a été spectaculaire : 5 millions de lignes en 1972, 10 millions en 1977, 20 millions en 1982.

3.5. Le programme ESPRIT

22. L'arrêt de ALVEY en Grande-Bretagne, la mise en sommeil de l'habitude des plans en France, contraste avec le volontarisme plus marqué en Allemagne mais s'accommode d'un effort effectué au niveau régional dans le cadre de la Communauté Economique Européenne. Parmi les différents programmes touchant de près à l'électronique et concernant simultanément plusieurs pays européens, ESPRIT, European Strategic Programme for R. et D. in Information Technologies, constitue un exemple très intéressant pour plusieurs raisons qui en font le seul programme actuel qui fonctionne effectivement comme un programme de coopération réunissant plusieurs Etats et plusieurs groupes industriels.

23. A l'origine d'ESPRIT, se trouve le vicomte DAVIGNON, commissaire à l'Industrie des Communautés européennes, qui a lancé l'idée d'un tel programme à l'occasion du Conseil Européen de Dublin de novembre 1979. Le vicomte DAVIGNON, cheville ouvrière du projet, s'appuie sur un groupe d'entreprises des pays européens, parmi les plus importantes de l'électronique : AEG, Bull, C.G.E., G.E.C., I.C.L. Nixdorf, Olivetti, Philips, Plessey, Siemens, Stet, Thomson. Il réussit à les faire s'asseoir à la même table qui va devenir la table ronde des "12". La proposition est claire : si vous vous mettez au moins à deux de nationalités différentes sur un projet de recherche commun qui vous ramène vers le niveau de la technologie mondiale, pour chaque ECU que vous investissez la Communauté Européenne en mettra un autre. C'était ni plus ni moins que lancer l'idée d'une association de recherche du type M.C.C. (cf paragraphe 7), alors qu'un tel projet dans l'un ou l'autre pays européen ne pouvait qu'apparaître ridicule, faute de firmes et d'hommes. Ce n'était pas pour autant facile, car ces firmes sont concurrentes, beaucoup sont des champions nationaux à chasse gardée, et les nationalismes européens (langue y compris) restent très marqués. A tel point que les débuts sont hésitants.

24. Il faut encore convaincre les politiques, ne pas se mettre en dehors des lois du Traité de Rome, en particulier de la concurrence. S'il y a des projets, il faudra donc que d'une manière ou d'une autre une grande ouverture permette à toute équipe compétente d'y participer, quelle que soit sa firme de rattachement. C'est d'ailleurs l'intérêt de tous. Dans le même ordre d'idée, bien qu'il s'agisse essentiellement de projets par des industriels -c'est le côté M.C.C.-, l'ouverture sur les centres de recherches publics universitaires ou non semble devoir être intéressante, et c'est le côté S.R.C. (cf paragraphe 8).

25. ESPRIT va aller au-delà de ces formes d'association M.C.C. et S.R.C. qui sont mises sur pied à la même époque. En effet, ESPRIT dispose d'une Task Force for Telecommunication and Information Technologies (TFTIT) qui deviendra en 1987 la DGXIII, qui appartient à la commission des Communautés Européennes et qui pilote le programme : un plan de travail mis au point par consultation-dialogue avec plus de 300 experts aboutit à la définition d'un appel d'offres. Les équipes intéressées se réunissent pour faire des propositions, une journée des proposants est organisée (il y eut 800 participants en 1985) pour d'éventuelles harmonisation-discussions. Ensuite, des colloques d'experts indépendants sélectionnent thème par thème, après rapport d'analyse, débat et rapport final.

C'est quelque chose de beaucoup moins directif que les opérations du genre plan VLSI ou MITI : les entreprises participantes ne sont pas désignées, les projets ne sont pas arrêtés par un laboratoire propre. Toutefois, il y a des points communs : les actions sont ciblées et inscrites dans un ensemble qui vise à remettre à niveau le potentiel scientifique technologique européen en matière électronique.

26. Une phase pilote a démarré en 1983 et ESPRIT a été adoptée par le conseil du 20/02/1984 qui a donc été lancé pour dix ans. Une première phase ESPRIT I devait couvrir la période 1984-1988 mais le budget prévu par la C.E.E., 700 millions d'ECU, a déjà été totalement engagé dans 201 projets regroupant 240 partenaires industriels (dont 130 dans des firmes de moins de 500 personnes) et 2 900 chercheurs. Dès l'automne 1986, il a donc été envisagé de lancer ESPRIT II. Le principe en a été, après quelques retards, adopté ; il comporte un budget deux fois plus important, concerne dix fois plus de chercheurs et s'intègre dans un programme global de promotion de la recherche par la C.E.E. ESPRIT II s'efforce d'être moins recherche fondamentale et plus recherche technologique vers des produits de l'avenir. Le principe reste cependant celui d'une recherche pré-compétitive qui évite de tomber sous le coup des lois sur la concurrence.

27. Les programmes mis en place semblent effectivement faire progresser le potentiel scientifique et technologique des partenaires dans les domaines qui accusent un net retard. ESPRIT I et ESPRIT II s'attaquent entre autre à la production intégrée par ordinateur, domaine d'une importance considérable puisqu'il correspond à ce que nous avons appelé mécatronique à propos de l'action historique du MITI japonais. En revanche, on a eu l'occasion de souligner la faiblesse en Europe de l'informatique et de la micro-électronique. Dans l'informatique l'accent est mis sur la constitution de normes européennes, sur la possibilité d'inter-opérabilité des appareils, ce qui permet une réelle concurrence. De gros progrès ont déjà été faits en ce sens. Regardons un peu ce qu'il en est dans l'autre domaine faible de l'Europe, la micro-électronique. Les projets en cours et qui sont bien avancés laissent espérer un véritable retour à niveau de la technologie mondiale dans ce domaine. On voit là toute l'importance de ces programmes. Le tableau IV-9 présente, à titre d'information, quelques-uns des projets micro-électroniques d'ESPRIT I.

Tableau IV-9 : QUELQUES PROJETS MICRO-ELECTRONIQUES LANCES DANS LE CADRE D'ESPRIT I

No	Titre	Organisations participantes
14	Interconnexion avancée pour VLSI	Plessey Research Ltd (UK) AEG Telefunken (D), GEC(UK) Thomson CSF (F)
97	Algorithmes avancés, architectures et techniques de tracé pour VLSI spécialisés dans le traitement des signaux	INEC v.z.n.(D), Bell Tel.NFG Co.(D), Silverline N.V.(D), Philips (NL), Siemens (D), Ruhr Univ. Bochum (D)
232	Matériaux composés pour semi-conducteurs et circuits intégrés - I	Allen Clark Res.Centre(UK), Philips (F), Siemens AG (D), Thomson CSF/DMN (F)
243	Technologie bipolaire submicronique-I	Thomson CSF/DCI (F),Plessey Research Caswell (UK), Telefunken Electronic (D), Thomson CSF/LCR(F) Mons-Paulenc Multitech.(F), Univ. de Toulouse (F)
263	Circuits optoelectroniques à base d'IMP	CSELT (I), AEG Telefunken(D) CNET (F), GEC (UK),IMI (D), SEL (D),Thomson CSF/LCR(F), CGE (F), STL(F)
281	Technologie bipolaire submicronique-II	Siemens AG(D), RTC Complelec (F)
412	Procédé CMOS bipolaire à haute performance pour circuits VLSI	Nederl. Philips Bedr.(NL), Siemens(D), Univ. de Stuttgart(D)
443	Ingénierie moléculaire pour optoelectronique	CNET (F), ICI PLC (UK), Thomson CSF (F), Univ. de Namur (D)
514	Dispositifs semi-conducteurs quantiques	GEC (UK), Thomson CSF/LCR(F)
554	Technologie CMOS Submicronique	CNET (F), Brit. Telecom (UK), INEC (D), Astra-Harris Semicond.(F), SES Microelettronica (I), Univ. de Louven (D)
643	Circuits intégrés à composés semi-conducteurs	STL (UK), GEC (UK),Philips- LEP (F), Siemens (D), Thomson-CSF/DMN (F), Plessey Research Caswell(UK) Ferran Technology (Irl)
887	Projet européen d'intégration CAO (ECIP)	Bull (F), Alcatel (F), ICL (UK), Philips (NL), SES Microelettronica (I) Siemens (D)
888	Aides à la conception de circuits intégrés avancés (AIDA)	Siemens (D), ICL (UK), Thomson Semi-conducteurs(F), Bull (F), IRAG/TINS (F), URIST (UK)
971	Technologies des circuits intégrés bipolaires en AsGa-SiAlAs	CNET (F), Plessey Research Caswell (UK), GEC (UK), Ferran Technology(Irl), Plessey Technology (UK)
991	Système de conception VLSI intégré, hiérarchique et multifoncteur avec gestion répartie sur postes de travail	Delft Univ.of Technol. (NL) British Telecom (UK), ICS Holding BV (NL), PCS GmbH (D), Tech. Univ. Eindhoven (NL), Univ. of Essex(UK)
1058	Système cognitif d'aide à la conception de modules VLSI	INEC v.z.n. (D), Philips(NL) SILVAN-LISCO N.V. (D)
1128	AsGa semi-isolateur à large diamètre	LEP (F), Wacker Chemitronics (D), U.C.L. (D)

Source : Document ESPRIT

4. La concurrence technologique des nations

28. L'aperçu, que nous venons de présenter, des programmes lancés par les différents pays industrialisés montre à l'évidence que tous ces pays se sentent impliqués au niveau collectif par le renouvellement de leur appareil industriel afin de le mettre à l'âge de l'électronique. Cela leur paraît une nécessité pour faire bonne figure dans la Division Internationale du Travail et remettre en ordre leurs économies qui ont quitté, depuis quinze ans au moins, le plein emploi et la croissance pour entrer en crise. Cette volonté générale de mutation industrielle centrée sur l'électronique stimule une course technologique qui laisse apparaître des coopérations mais aussi des rivalités : les nations, comme les firmes, apparaissent concurrentes. Simultanément leurs actions multiples sont convergentes. Elles visent à transformer l'industrie de la machine en mécatronique (tableau IV-10), à faciliter et à multiplier les communications, l'information étant avec la mécatronique le moyen semble-t-il, d'accroître fortement la productivité et cela pousse un peu partout à promouvoir la déréglementation des télécommunications (tableau IV-11), enfin, elles veulent que ce soient des machines qui traitent cette formation de manière non mécanique, mais intelligente et elles lancent donc des projets sur l'intelligence artificielle (tableau IV-12).

4.1. La mécatronique

Tableau IV-10 : QUELQUES PROGRAMMES PUBLICS DE DEVELOPPEMENT DE LA MECATRONIQUE DANS LES PAYS EUROPEENS

<i>Country</i>	<i>Nature of programme</i>
GERMANY (production and diffusion)	New Production Technology Programme (1984-7: DM530 million); CAD development (DM160 million). Estimated total grants between DM1200 and DM1300 million per year (Federal plus Lander support).
FRANCE (production and diffusion)	National Machine Tool Plan (1981-4: FF2.3 billion); Fonds Industrielle de Modernisation (FIM): aims at mobilizing savings for investment in advanced manufacturing; Automatics and Advanced Robotics (ARA) Programme; etc.
ITALY (production and diffusion)	Mechanical Engineering Technologies Project (follow-up of 1979-84 Industrial Automation Project): LIT31 billion over 5 years; Special Fund for Technological Innovation: from 1982 appr. LIT3.650 billion; since 1983 Bill N 696 supporting SMEs to buy NC machine tools: 1983-5 period LIT90 billion in funds.
UK (production and diffusion)	Department of Trade and Industry programmes (1981-6): production techniques (£90 million); production and development of microelectronics (£50 million); Microelectronics Applications Programme (£50 million); use of Science and Engineering Research Council in programme on the Application of Computers to Manufacturing Engineering (ACME) £4 million in 1983.
NETHERLANDS (diffusion)	Demonstration projects for introduction of flexible manufacturing systems; 1983 budget around DFL12 million. Stimulation of Innovation (INSTIR) project supports wage costs (DFL1100 million).
BELGIUM (diffusion)	Action plan for microelectronics technology. Robotics budget: BF100 million (total budget: BF2.655 million). CAD/CAM support only for R&D for applications in the design and production of integrated circuits.
DENMARK (diffusion)	Technological Development Programme 1985-9 promotes information technology in main industrial sectors (total budget: DKR1525 billion).
SWEDEN (diffusion)	'Robot-84' campaign: provision of risk capital for demonstration projects and awareness campaign; feasibility studies are undertaken and support for training programmes of around SEK108 million since 1983.

Source: *Social Europe*, special supplement 1986, own observations.

Source : G. JUNNE, R. VAN TULDER, 1988, p. 170.

4.2. La déréglementation des télécommunications

Tableau IV-11 : LES TELECOMMUNICATIONS DEREGLEMENTEES AUX ETATS-UNIS, GRANDE-BRETAGNE ET JAPON *

Etats-Unis	Qui fait quoi?	Japon
<p>Les grandes étapes</p> <p>1929 : Autorisation de réseaux hertziens privés.</p> <p>1948 : Introduction de la concurrence sur les équipements terminaux.</p> <p>1969 : Autorisation du réseau interurbain spécialisé de MCI.</p> <p>1973 : Computer Inquiry I, le « Yaha » informatique-télécommunication. ATT est confiné au transport de l'information.</p> <p>1976 : Droit de louer des liaisons spécialisées pour partager et revendre du transport.</p> <p>1980 : Computer Inquiry II. Le service de base reste réglementé. Les services enrichis sont soumis à la concurrence.</p> <p>1982 : Décision du juge Greene. A partir de 1984, ATT sera coupée en 7 compagnies régionales indépendantes. Elle conserve l'interurbain et l'international, ses usines et acquiert le droit de faire de l'informatique et de se lancer sur les marchés étrangers.</p> <p>1984 : Mise en place de la structure séparant ATT des compagnies locales BELL.</p> <p>1986 : Computer Inquiry III. La FCC (Federal Communication Commission) revient en arrière.</p> <p>1986 : ATT et les BOC (Bell Operating Companies) ne sont plus contraints de constituer des filiales séparées pour commercialiser matériels et services à valeur ajoutée.</p>	<p>Qui fait quoi?</p> <p><i>Autorités régulatrices :</i> Elles dépendent du législateur. Au niveau fédéral : la FCC (Fédéral Communication Commission). Au niveau de chaque Etat : la commission des services publics (PUC).</p> <p><i>Trafic local et régional courte distance :</i> Monopole des 7 sociétés régionales BELL ou de compagnies indépendantes (GTE est la plus grosse). Les compagnies sont réglementées, assujetties à des contraintes de service public : desserte des zones non rentables, tarifs pérorés,...</p> <p><i>Trafic interurbain grande distance :</i> c'est le régime de la concurrence réglementée. Trois opérateurs principaux : ATT (85% du marché), MCI (6%), IBM à 16% des actions), GTE-SPRINTS US (4%). Les tarifs sont approuvés par la FCC.</p> <p><i>Trafic international :</i> concurrence d'ATT-MCI-COMSAT et des revendeurs.</p> <p><i>Services enrichis (Télématique).</i> La règle est la concurrence. Les opérateurs offrent des services de transport peuvent concourir à condition de ne pas subventionner ces services par les gains réalisés avec le transport.</p> <p>De fait, la nouvelle réglementation a incité les opérateurs de transport à intégrer de nouvelles activités : locations, ventes de matériels, services informatiques, implantations étrangères (ATT en Europe...).</p>	<p>Les grandes étapes</p> <p>1949 : Séparation de l'administration des postes de celle des télécommunications.</p> <p>1952 : Création de l'entreprise publique Nippon Telegraph and Telephone pour le réseau national et de KDD, entreprise privée, pour le réseau international.</p> <p>1984 : Loi sur les télécommunications et loi sur le statut de NTT qui commence à devenir une entreprise d'économie mixte.</p>
<p>Les principes</p> <p>Distinction entre les services de base (transport transparent d'information), et les services enrichis par un traitement intermédiaire de l'information. Les premiers sont régulés et les autres soumis à la concurrence.</p>	<p>Grande-Bretagne</p>	<p>Les principes</p> <p>La réglementation distingue les porteurs d'infrastructures et les autres opérateurs qui offrent des services télématiques.</p>
<p>Les grandes étapes</p> <p>1969 : Le British Post Office devient un établissement public (corporation)</p> <p>1981 : Révision de la législation. Deux lois, une pour les télécommunications, une pour la diffusion. British Telecom naît par séparation de la poste. La concurrence est introduite pour les terminaux.</p> <p>1982 : Création de Mercury</p> <p>1984 : Séparation des fonctions réglementation et opérateur. British Telecommunication est en partie privatisée.</p>	<p>sont fixés par une autorisation spéciale, réglant les contraintes de service public, l'interdiction de subventions croisées et les domaines interdits.</p> <p>— Les opérateurs de réseaux à valeur ajoutée (services télématiques); ils sont autorisés par une licence générale identique pour tous.</p>	<p>Qui fait quoi?</p> <p><i>Autorité régulatrice :</i> la Diète (lois) et le ministère des PTT (règlements).</p> <p><i>Régime local :</i> le monopole est confié à NTT qui doit raccorder sans discrimination tout concurrent. Les tarifs sont contrôlés. NTT est soumis à des contraintes de service public.</p> <p><i>Réseau interurbain :</i> concurrence, régime d'autorisation avec contrôle des PTT. Six concurrents de NTT sont autorisés.</p> <p><i>Réseau international :</i> monopole de KDD. Le ministère des PTT prépare l'ouverture à la concurrence.</p> <p><i>Services télématiques :</i> on distingue deux catégories :</p> <p><i>Les services spéciaux</i> mettent en œuvre des réseaux importants (plus de 500 circuits à 1 200 bit/s) offerts à une clientèle vaste et diversifiée. Ils peuvent être ouverts sur l'étranger. L'opérateur doit obtenir une autorisation où il s'engage à déposer ses tarifs et à ne refuser aucune connexion.</p> <p><i>Les services ordinaires</i> correspondent à la majorité des services télématiques. Il suffit d'une simple déclaration. On compte déjà deux cents services de ce type.</p>
<p>Les principes</p> <p>On distingue :</p> <p>— les opérateurs publics, qui gèrent les installations permettant le par transport d'information; ils sont au nombre de deux, British Telecom (BT) et Mercury; leurs droits et devoirs</p>	<p>Qui fait quoi?</p> <p>Le pouvoir réglementaire est exercé par le ministère du commerce et de l'industrie, DTI, qui peut le déléguer en partie à un office (OFTEL).</p> <p><i>Régime local :</i> BT a le quasi monopole. Mercury a des connexions directes avec les grands comptes à Londres, dans la City.</p>	<p><i>Réseau national et international :</i> concurrence entre BT et Mercury. La part de marché de Mercury est très petite. Mercury construit un réseau en fibres optiques et quelques commutateurs téléphoniques.</p> <p><i>Services à valeur ajoutée (VAN) :</i> régime de concurrence sous licence en cours de redéfinition.</p> <p>La situation actuelle se caractérise par une nouvelle dynamique de BT qui œuvre pour que l'Angleterre devienne la plaque tournante des télécommunications internationales de l'Europe.</p>

Source : France Télécom, n° 62, juin 1987

* Ce sont les trois pays ayant à ce jour pris des mesures importantes de déréglementation

4.3. L'intelligence artificielle

Tableau IV-12 : LES TROIS PRINCIPAUX PROGRAMMES PUBLICS MONDIAUX DE RECHERCHE EN INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Organisme	DARPA (DoD)	ICOT (MITI)		SERC (Dept. of Industry)	
Projet	Strategic Computing	5 CCS		Alvey Programme	
Durée	5 ans (puis prolongé)	10 ans		5 ans (f)	
	6 10 \$	9 10 Y	6 10 \$ (a)	6 10 £	4 10 \$ (a)
1982	-	0,4	1,6	2,0	3,5
1983	-	2,7	11,6	28,5	43,2
1984	50	5,1	21,5	48,0	64,0
1985	95	4,8	21,7	56	81,9
1986 (p)	150	12,0	55,0	64,5	94,4
1987 (p)	155	12,0	55,0	64,5	95,8
1988 (p)	150	12,0	55,0(e)	-	-
...	-	-	-
Total des fonds publics	600	100,0	400,0(c)	264,5	383,0
Grand total (b)	600 (d)	250,0	1000	352,0	558,0
Fonds publics en %	100	40	-	75	-

(a) aux taux de change courants, sauf après 1985 :
1 \$: 220 Yens et 1,463 £

(b) au taux de change de 1982

(c) 550 M \$ avec le privé si tout est réalisé

(d) la DARPA planifie un total d'un milliard de dollars d'ici à 1990-1992

(e) la somme est de 221 en 1988

(f) une faible partie d'Alvey (environ 10 %) est spécifiquement orientée IA

Source : GERDIC, d'après les données des tableaux précédents.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
(dans l'ordre où elles sont citées)

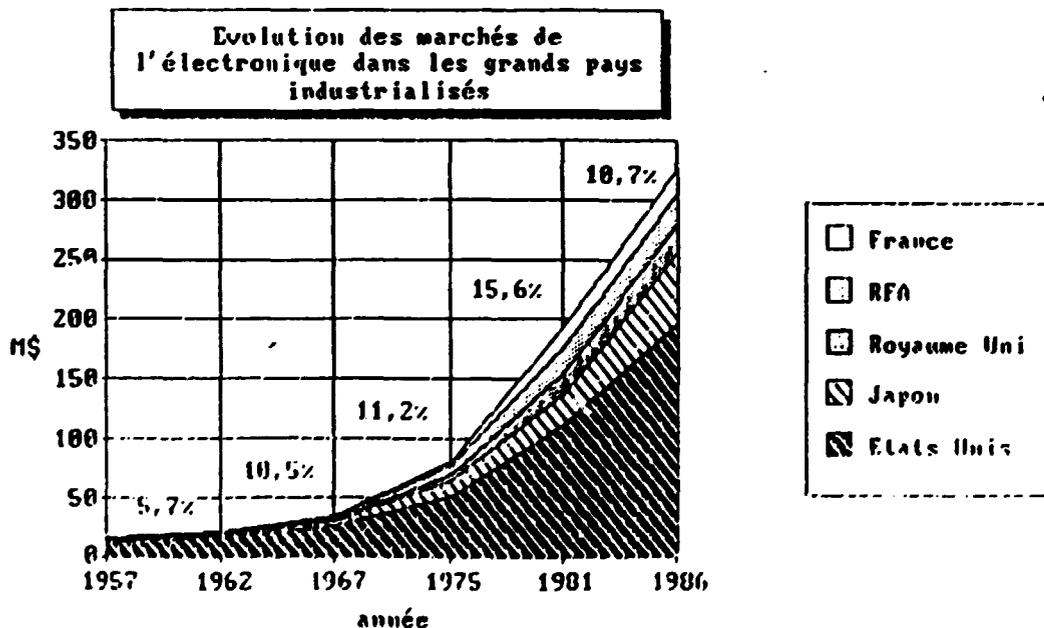
- ARNOLD E., GUY R. *"Parallel convergence : national strategies in information technology"*
(1986) Frances Pinter, London, 1986, 220 pag.
- TATSUNO S. *"Les technopoles ou la régulation de l'intelligence"*
(1987) Les Editions d'Organisation, paris, 1987, 305 pages.
- JUNNE G., VAN TULDER R. *"European multinationals in core technologies"*
(1988) John Wiley et Sons, IRM, Geneve, 1988, 286 pages.
- JOWETT P., ROTHWELL M. *"The economics of information technology"*
(1986) Macmillan, London, 1986, 108 pages.
- BARREAU J., MOULINE A. *"L'industrie électronique française : 29 ans de relations Etat-groupes industriels (1958-1986)"*
(1987) LGDJ, Paris, 1987, 240 pages.

CARACTERISTIQUES ET TENDANCES DES PRINCIPAUX MARCHES MONDIAUX DE PRODUITS ET SERVICES

5.1. Le mouvement général

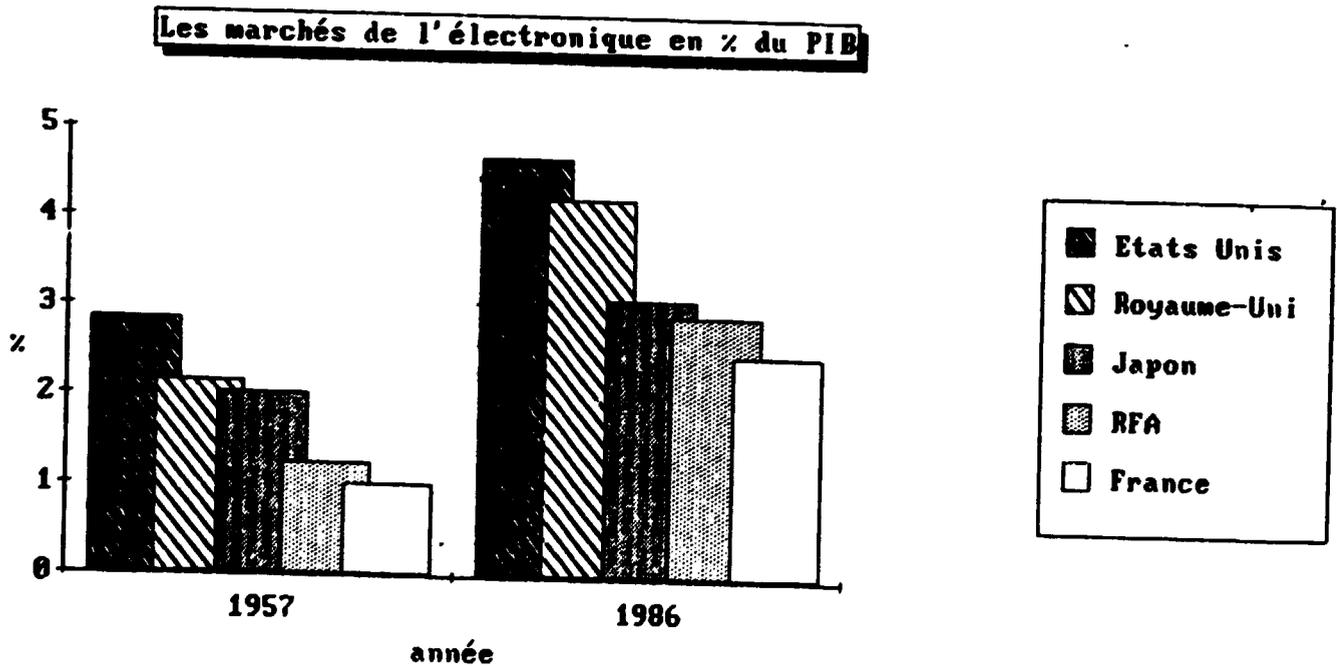
1. L'industrie électronique s'est développée selon un double mouvement de croissance des marchés existants et de multiplication de ses applications. Parmi celles-ci, l'informatique est certainement la plus spectaculaire des "nouvelles" applications, nouvelle, si l'on se réfère à l'entre deux guerres où la branche dominante était celle de l'électronique grand public. Et c'est l'une des caractéristiques de l'industrie électronique après guerre, et surtout dans les années 70, de substituer les biens d'équipement aux biens de consommation. Ainsi, entre 1957 et 1986, dans les cinq premiers pays industrialisés, la part de l'E.G.P. dans le marché des équipements électroniques est tombée de 30 % à 15 % (voir annexe A8), laissant la place aux équipements industriels. La deuxième caractéristique de l'évolution passée des industries électroniques est la diminution sensible du prix des équipements, diminution plus rapide que celle du prix des composants électroniques et des matières premières utilisées pour leur fabrication. Facilitant la diffusion des nouvelles applications, cette situation a, toutefois, durci les conditions de la concurrence (cf. Chapitre 3). Néanmoins, la très rapide évolution technologique a sensiblement contribué à la dynamique du marché. La fugacité du marché peut être illustrée par la proportion du chiffre d'affaires réalisée au moyen de produits de moins de trois ans d'âge chez Hewlett-Packard : 53 %, dont 21 % pour des produits apparus dans l'année. Voilà la dynamique qui a contribué à la croissance des marchés de l'électronique dans les grands pays industrialisés (graphique 5-1).

Graphique 5.1



2. Soumis à une croissance importante, les marchés de l'électronique ont fini par représenter une part estimable de l'activité économique. Compte-tenu des données disponibles pour quelques pays industrialisés (E.U., France, R.F.A., Japon, R.U.), il est possible d'estimer la part de ces marchés dans le P.I.B. En 1957, cette proportion atteignait déjà 2,5 %, en 1986 elle est de 3,9 % (graphique 5-2). Il convient de noter que l'augmentation du rapport a eu lieu malgré la hausse de la part des services dans les économies occidentales et malgré l'inflation tenace des années 70. Or, les produits électroniques, à l'inverse des autres secteurs ont, nous l'avons vu, baissé en valeur sur l'ensemble de la période. On peut, donc, considérer que ce rapport est caractérisé par un numérateur quasiment calculé en volume et un dénominateur (le P.I.B.) en valeurs courantes. En proportion de la production manufacturière, nous savons qu'aux Etats-Unis, l'industrie électronique pesait 7,5 % du total en 1975 et 15 % en 1986. A l'horizon de 1995, ce ratio devrait atteindre environ 32 %, soit 1 dollar sur trois de la production manufacturière correspondant à de l'électronique.

Graphique 5-2

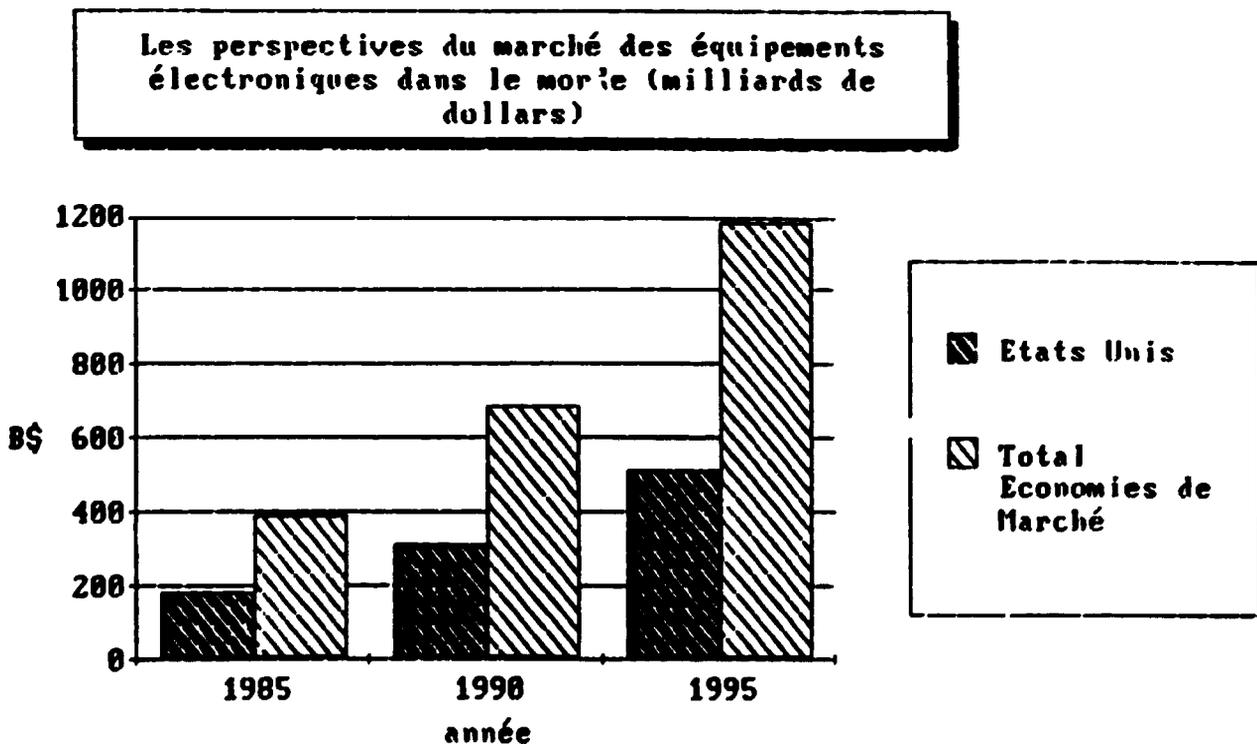


Source : GERDIC

3. *La fin des années 80 aura été une période fortement perturbée pour l'industrie mondiale.* A la forte reprise de 1982-84 aura succédé une période de récession puis de croissance modérée qui a particulièrement affecté les industries électroniques car la compétition a engendré une suraccumulation de capacités de production notamment dans les semi-conducteurs ou en informatique. Le krach boursier du 19 octobre 1987 a, en outre, jeté une ombre sur les perspectives de croissance, même si désormais les prévisions pessimistes sont écartées. En effet, les instituts de prévision s'accordent pour envisager une croissance honorable de l'industrie électronique. Aux Etats-Unis, cette dernière devrait croître de 7,2 % en 1988 selon WHARTON. Dans tous les domaines, les investissements en biens d'équipement semblent reprendre. L'E.G.P. devrait croître de 9 % et le marché des semi-conducteurs de 9,1 %. Les mêmes tendances semblent à l'oeuvre en Europe, d'autant plus que les revenus du capital ne sont qu'une partie transitoire et marginale du revenu des Européens. L'influence du krach boursier devrait probablement être encore plus modérée dans cette région. Selon Dataquest, les marchés européens devraient croître, d'ici à 1992, de 50 % pour les micro-ordinateurs 32-bits, 30 % pour les télécommunications numériques ou 26 % pour la radio-cellulaire. Enfin au Japon, le marché domestique devient le moteur de la croissance des industries électroniques. Le plan de relance de juillet 1987 aura contribué de façon non négligeable au maintien de la croissance. Ainsi, en 1987, la production électronique au Japon ne s'est accrue que de 2,6 %, mais les exportations ont diminué de 2,2 % (dont 25,4 % pour l'E.G.P.). Le marché intérieur a accusé une croissance de 7,3 % dont 11 % pour l'E.G.P. Grâce à ce relais du marché domestique, l'E.I.A.J. escompte un accroissement de la production de 7 % en 1988 ; ce qui signifie que la production électronique japonaise dépasserait les 150 milliards de dollars.

4. Les perspectives de l'électronique ne semblent donc pas troublées par les variations cycliques de l'économie mondiale. L'essentiel des récessions dans ces industries sont provoquées par des causes endogènes. Toutefois, la plupart des experts considèrent que la croissance des industries électroniques pendant ces dix prochaines années sera plus faible, logiciels exceptés, que pendant les dix précédentes, toutes choses égales par ailleurs. Cette prévision ne peut pas valoir dans le contexte d'une révision des positions du F.M.I. ou des grandes banques mondiales vis-à-vis de la dette des P.V.D. Quoiqu'il en soit, le consultant *Henderson Ventures* considère que la production d'équipements électroniques (c'est-à-dire composants exclus) devrait croître dans l'ensemble des économies de marché de 11,8 % entre 1985 et 1990, mais de 10,3 % entre 1988 et 1990 contre 11,6 % entre 1990 et 1995. Aux Etats-Unis seulement pour les mêmes périodes, les taux de croissance annuels s'établiraient respectivement à 11,2 %, 9,4 % et 10,5 % (graphique 5-3). A un niveau plus fin, mais à une échéance plus rapprochée, le B.I.P.E. fait état d'évolutions très contrastées des différents segments de marché. Ces données regroupées dans le tableau 1 font apparaître les domaines de prédilection constitués par l'automatisme (mécatronique), l'optoélectronique et les lecteurs de disques lasers.

Graphique 5-3



Source : GERDIC d'après les statistiques d'Henderson Ventures.

Tableau S-1

Taux de croissance annuels de différents domaines de l'électronique (période 88/90).

Zone géographique	FRANCE		EUROPE		MONDE	
	TAC	Valeur du marché 1985 (MF)	TAC	Valeur du marché 1985 (Ms)	TAC	Valeur du marché 1985 (Ms)
Télécommunications						
Commutation	-	8 500	8,71	5 500	3,3	19 900
Transmission	2,4	2 400	1,10	2 100	7,9	9 200
Câbles	1,3	2 000	0,9	2 000	1,4	5 000
Terminaux	6,6	4 900	5,9	2 000	5,5	5 500
Spatial	11,9	200	3,1	300	3,1	2 300
Services	11,5	75 500	10,2	52 000	8,6	223 000
Informatique						
Ordinateurs, satellites	17,8	60 900	17,8	35 900	14,3	119 800
Bureautique	11,5	11 800	13,2	4 200	10,7	22 400
Services	18,2	23 400	19,4	14 400	18,8	74 800
Professionnel						
Militaire, Radio com	5,8	14 600	5,9	8 500	5,5	48 100
Radio tv (professionnel)	22,4	6 800	22,4	4 700	23,4	19 100
Mesure	6,0	14 100	5,8	8 500	5,8	30 800
Médical	6,0	3 000	5,4	2 100	4,1	7 300
Grand Public						
TV	2,9	5 900	2,9	4 300	2,7	19 200
Lecteur CD	21,0	200	22,2	125	32,2	600
NIFI	5,2	3 100	4,5	2 000	7,5	6 300
Composants						
Tubes	0,0	2 600	1,1	1 600	0,9	6 600
Opto électronique	22,0	300	20,7	250	19,7	1 300
Circuits intégrés	12,9	6 500	13,5	3 700	13,3	22 000
Circuits passifs	6,2	9 700	6,2	5 800	6,5	28 400

TAC : Taux Annuel de Croissance (S) (1) S (1985) = 97

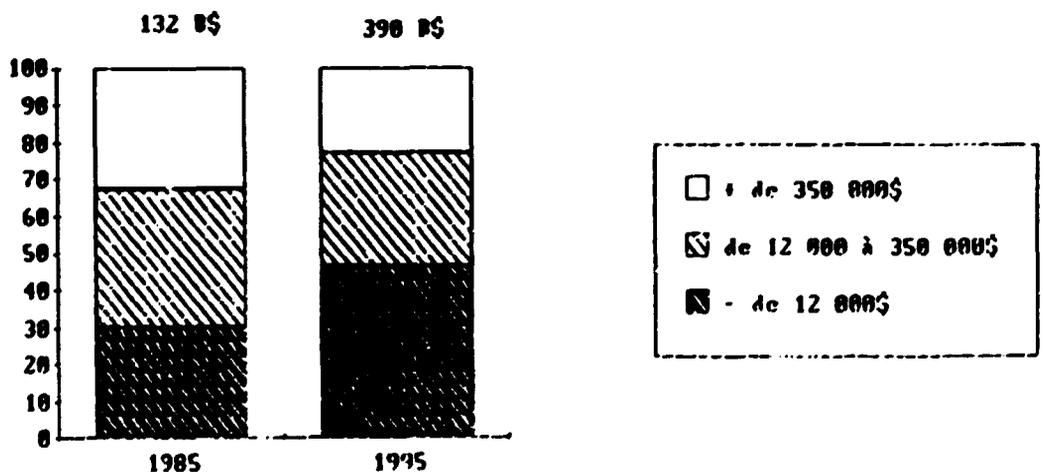
Source : MEITO "Les industries de la filière électronique dans l'Ouest", février 1988, Rennes, 63 pages, d'après les données du B.I.P.E.

2. Informatique : la montée en puissance

5. Branche la plus caractéristique de l'électronique depuis la Seconde Guerre Mondiale, l'industrie informatique demeure un des enjeux de la compétition mondiale. Alors que le début des années 80 aura été marqué par la diffusion de la micro-informatique "élémentaire", le marché opte désormais en faveur de systèmes micro-informatique de haut de gamme. Déjà les micro-ordinateurs multi-utilisateurs de Sun Microsystems ou d'Apollo Computer Inc viennent concurrencer des mini-ordinateurs, voire des ordinateurs universels dans le domaine du D.A.O. et de la C.A.O. Aux Etats-Unis, en 1995, les *micro-ordinateurs devraient représenter une part considérable du marché (graphique 5-4)*. Une telle évolution devrait provoquer la disparition des mini-ordinateurs et exiger une redéfinition complète de leurs gammes de produits par des firmes telles que D.E.C., Data General, Nixdorf, Hewlett-Packard ou Philips. A titre d'illustration, le système Série 1000 de la firme Arete Systems Inc. est susceptible d'effectuer les tâches actuellement traitées par le VAX 780 de D.E.C. pour un prix très sensiblement inférieur. Même les groupes dominants du BUNCH (BURROUGHS, UNIVAC, N.C.R., C.D.C., HONEYWELL) ou I.B.M. sont amenés à manoeuvrer car les *moyens et grands ordinateurs universels ne seront plus construits au moyen de logiciels et de matériels exclusifs*. Le verrouillage de la base cliente avec des logiciels non transportables ne saura plus se concevoir comme ce fut le cas. Victimes de leurs bases installées, les producteurs de mainframes (ordinateurs universels) ou de minis risquent de demeurer attachés aux architectures de systèmes traditionnelles (processeurs Von Neumann) mais, en outre, ils manifestent une certaine lenteur à se positionner dans le nouveau champ de compétition. Toutefois, ils disposent de suffisamment de trésorerie et de leurs acquis historiques pour opérer une spectaculaire reconversion.

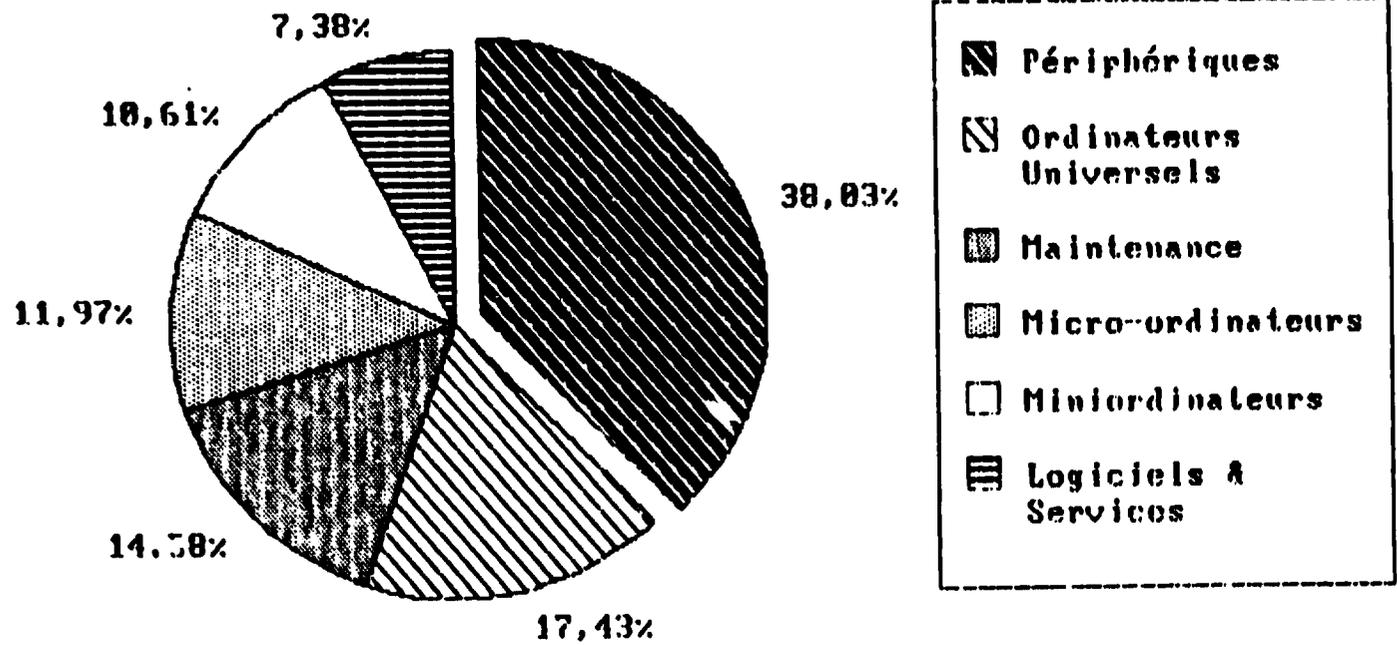
Graphique 5-4

La structure du marché de l'informatique aux Etats-Unis



Source : CERDIC d'après les statistiques d'InfoCorp.

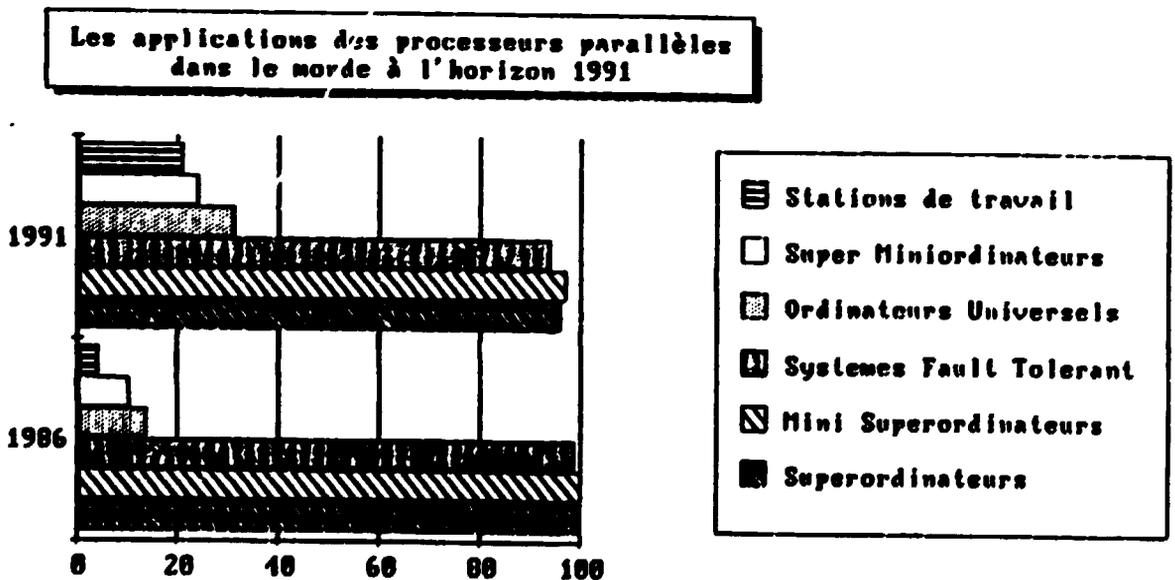
La structure du marché mondial de l'informatique en 1986.



Source : GERDIC d'après Datamation.

6. Si la plupart des ordinateurs traitent les données en série, les nouvelles machines sont construites autour de processeurs parallèles qui permettent de traiter simultanément des données. En 1986, le marché mondial de ce genre de machines demeure embryonnaire et représenterait environ 50 000 machines pour un total de 31 millions de dollars. *L'intérêt de ce nouveau type d'architecture est d'accroître considérablement la vitesse de calcul.* Beaucoup de projets demeurent dans les laboratoires mais les grands constructeurs ont déjà annoncé des produits de la Cinquième Génération d'Ordinateurs. I.B.M. a présenté sa machine R.I.S.C. (Reduced Instruction Set Computer) ; A.T.T. travaille avec la D.A.R.P.A., Agence du Ministère de la Défense, sur un projet d'ordinateur parallèle à reconnaissance vocale. D.E.C. a défini, avec l'Université Carnegy-Mellon une Architecture de Process Parallel (P.P.A.). Toutefois, l'introduction de cette nouvelle génération va rendre brutalement obsolète, l'ensemble des gammes de machines en place, d'autant plus que les logiciels ne seront pas transportables vers les nouveaux systèmes d'exploitation, souvent basés sur l'UNIX d'A.T.T. C'est pourquoi les principaux vendeurs de machines vectorielles sont des petites firmes indépendantes comme SEQUENT COMPUTERS, ALLIANT COMPUTERS, N-CUBE ou PARALLEL COMPUTERS. Baptisées Crayettes, par allusion au fabricant de superordinateurs Cray Research, elles offrent des mini-ordinateurs de très grande puissance qui viennent concurrencer les ordinateurs traditionnels, comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent. Malgré les réticences des constructeurs traditionnels le "parallel processing" va se diffuser dans tous les types de matériel (graphique 5-6) et devrait représenter plus de 30 % des ordinateurs universels et 25 % des supermini-ordinateurs en 1991. Il est déjà utilisé dans la plupart des superordinateurs.

Graphique 5-6

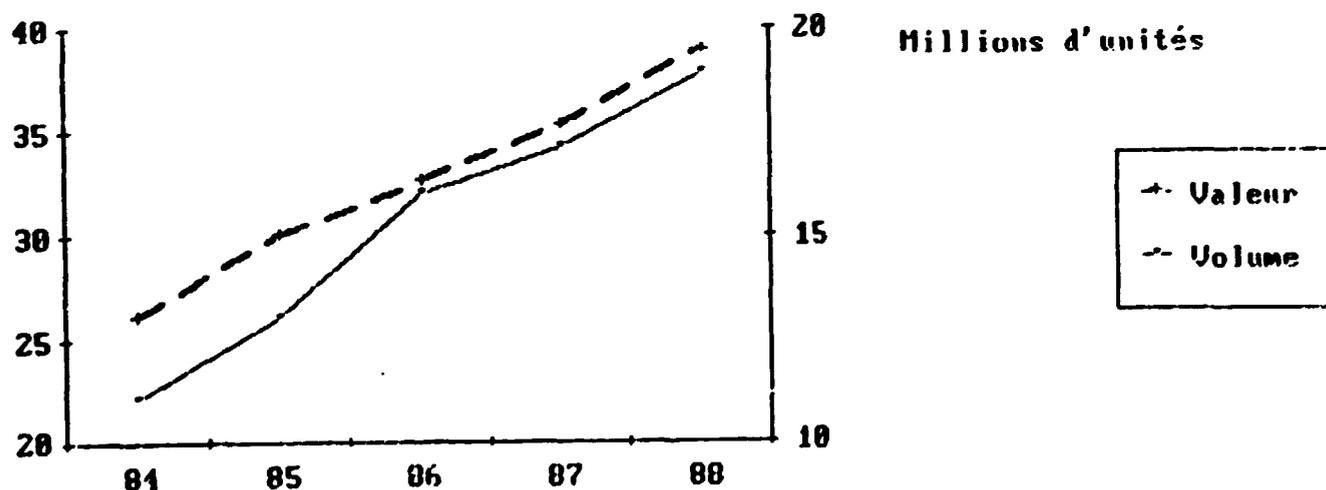


Source : GERDIC d'après les statistiques d'Electronic Trend.

7. Les ordinateurs personnels ont également bouleversé le profil de l'industrie en autorisant le développement de sociétés comme Apple, Compaq ou Tandon. Depuis sa naissance, au début des années 80, ce marché bénéficie d'une croissance à deux chiffres de telle sorte que beaucoup de firmes tentent de le pénétrer, amenant des guerres de prix incessantes surtout depuis que les ménages ont abandonné les ordinateurs domestiques pour adopter l'I.B.M. P.C.-X.T. ou ses compatibles. L'introduction du nouveau modèle d'I.B.M., le PS/2, construit autour du micro-processeur 32-bit d'Intel, le 80386, et utilisant le système d'exploitation OS/2 de Microsoft, a accru la dynamique de ce marché et amené Apple à annoncer des baisses de prix sur ses modèles Mac Intosh II et Mac Intosh SE. L'évaluation de ce marché est très délicate, compte-tenu du grand nombre de producteurs mondiaux. L'E.I.C. l'évalue à 20 milliards de dollars en 1986 et anticipe une croissance de 12 % d'ici à 1992. De son côté, DATAMATION estime le marché à 23,7 milliards en 1987 ; cette hypothèse semble légèrement sous-estimée par rapport à celle de Dataquest (graphie 5-7).

Graphique 5-7

Les ventes mondiales de micro-ordinateurs par les producteurs américains

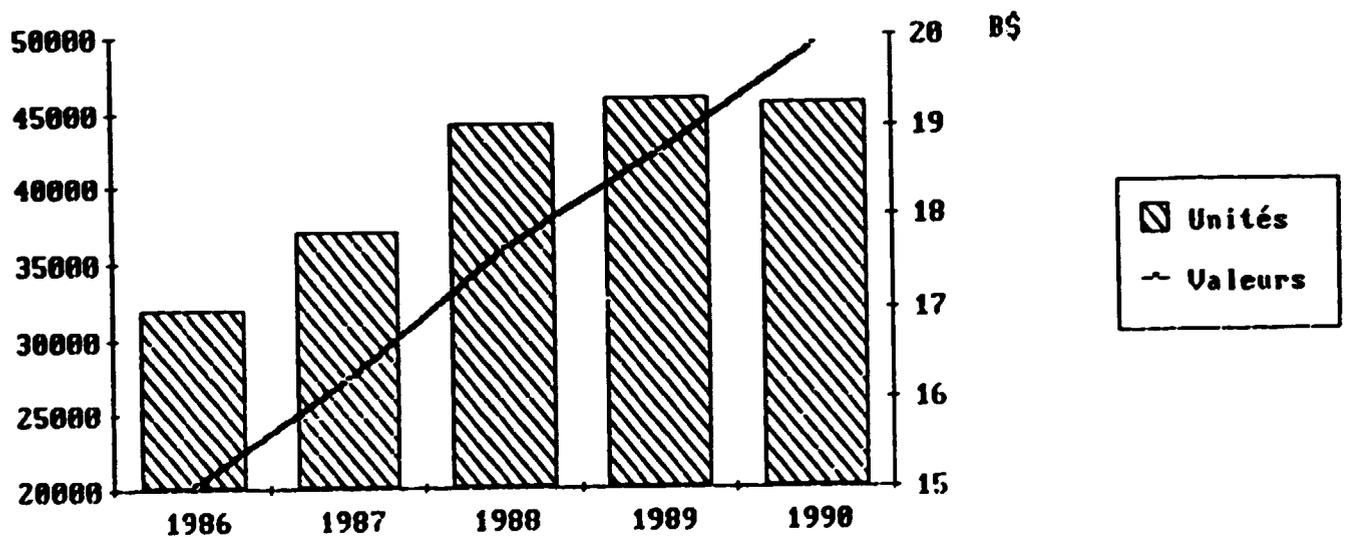


Source : GERDIC d'après Electronic Business.

8. Compte-tenu de ces évolutions, le marché des mini-ordinateurs est soumis à des bouleversements considérables notamment dans le haut de gamme (machines de plus de 500 000 francs). Etouffés entre les super-minis et les super-micro (microprocessor based systems), la réponse de l'industrie est de proposer des processeurs vectoriels (cf. 6). D.E.C. prépare son Vector VAX, I.B.M. a annoncé son Silverlake. Malgré cela, la croissance de ce marché ne saurait atteindre celle des autres segments du marché de l'informatique. *La stagnation du nombre d'unités vendues est plus que probable, la croissance du marché étant alors portée par l'augmentation de la puissance de ces calculateurs.* Elle devrait atteindre à peine 9 % (graphique 5-8). Les constructeurs de mini-universels risquent de figurer parmi les victimes de cette mutation (Data General, Prime Computer, Wang), alors que les firmes ayant choisi des niches (N.C.R., Siemens, Tandem Computers,) seront moins affectées notamment lorsqu'elles auront opté pour un environnement UNIX. En revanche, le marché des supermini-ordinateurs, encore dominé par I.B.M. (22 %), D.E.C. (17 %) et Hewlett Packard (15 %) devrait continuer de croître significativement de plus de 20 % par an pour atteindre 13 milliards de dollars en 1988 contre 8,5 milliards en 1986, soit environ 100 000 machines vendues par an, contre 65 000 en 1986.

Graphique 5-8

Les perspectives des ventes mondiales de miniordinateurs haut de gamme par les constructeurs nord-américains



Source : GERDIC d'après les données d'IDC.

9. L'autre segment de marché remis en cause par l'évolution technologique est celui des ordinateurs universels. Les analystes considèrent que la croissance à deux chiffres fait partie du passé pour cette industrie. *La plupart des acheteurs se tournent des grands processeurs pour acheter de plus petits systèmes, moins onéreux ou des superminis.* La redistribution de la puissance de calcul entre différents systèmes plutôt qu'au sein d'une unité centralisée se généralise. *En effet, avec l'arrivée des ordinateurs de bureau (Desktops) 32-bits, susceptibles de traiter plusieurs millions d'opérations par seconde (MIPS), le ratio prix/performance est bien inférieur à celui des machines traditionnelles.* En revanche, dans la gamme I.B.M., le coût par MIPS s'est accru avec le nombre de MIPS qu'un système était susceptible de traiter. Enfin, ce marché souffre de la rareté relative de logiciels adéquats. Cela explique les mauvais résultats d'I.B.M. sur ce segment de marché. La firme d'Armonk, pour laquelle il représente 25 % du chiffre d'affaires, a subi un effondrement des ventes de 3090 Sierra (- 20 %), de telle sorte que la croissance d'I.B.M. est tirée par la micro-informatique (son modèle OS/2) et le logiciel. Avec une croissance attendue de 7 % en 1988, ce marché encore robuste atteint définitivement sa maturité et les reconversions ou les difficultés de certains producteurs sont désormais perceptibles. Il représente 26,9 milliards de dollars en 1987.

Tableau 5-2 : Le chiffre d'affaires "Mainframes" des principaux producteurs

*(millions de \$)	1986	1984	%	*
*IBM Corp.	14450	13131	10.04%	*
*Fujitsu Ltd	2469,7	1399,7	76.44%	*
*NEC Corp.	2274,9	913,8	148.95%	*
*Unisys Corp.	2200	2901,1	-24.17%	*
*Hitachi Ltd	1371,4	771,8	77.69%	*
*Groupe Bull	821,9	500	64.38%	*
*Honeywell Inc.	740	665	11.28%	*
*Siemens AG	582,9	807	-27.77%	*
*Cray research Inc.	525,5	169,7	209.66%	*
*Amdahl Corp.	497,6	400	24.40%	*
*STC Fie	486	362,9	33.92%	*
*Control Data Corp.	400	813	-50.80%	*
*National Semi.	300	250	20.00%	*
*BASF	276,5	134	106.34%	*
*Mitsubishi Electric	184,6	150	23.07%	*
*NCR Corp.	174,2	1345	-87.05%	*
*Sous TOTAL	27755,2	24714	12.31%	*
*Autres	344,8	355,1	-2.90%	*
*Grand TOTAL	28100	25069,1	12.09%	*

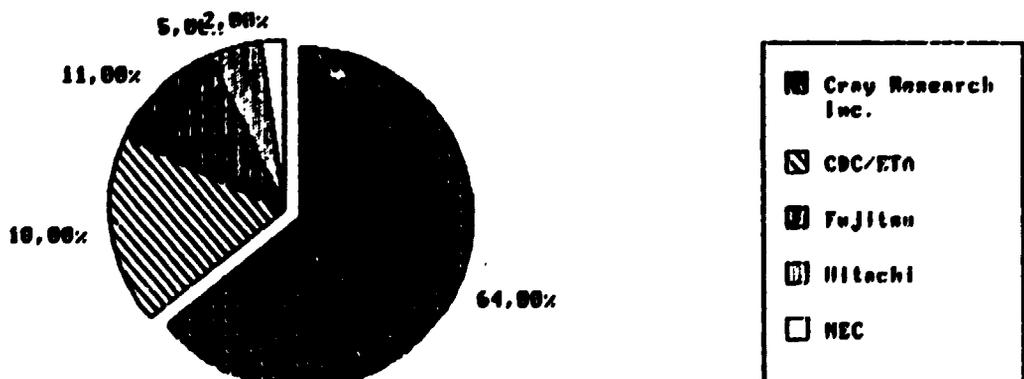
Source : BERDIC d'après DATAMATION.

10. Sur le marché des super-ordinateurs, la compétition se durcit également. Le nombre de producteurs est désormais plus élevé qu'il ne le fut jamais. La firme dominante, Cray Research, après avoir détrôné Control Data, subit la concurrence de firmes japonaises et nord-américaines (graphique 5-9). Au Japon, les trois principaux constructeurs sont en lice (Fujitsu, Hitachi et N.E.C.) ; mais N.E.C. est le plus virulent et s'efforce de pénétrer sur le marché américain au moyen d'un accord avec Honeywell. Cette dernière commercialisera le SX-2 en Amérique du Nord. Par ailleurs, Control Data (C.D.C.) a favorisé la création d'une nouvelle société, E.T.A. Systems Inc., dont elle détient 89 %. L'E.T.A. 10 est commercialisé en Europe grâce au réseau de C.D.C. Quant aux jeunes firmes comme CHOPP Computer et SAXPY Computer, leur rôle sur le marché demeure négligeable. En Europe, le prototype Supernode issu d'Esprit a été présenté à l'automne 1987. Les gammes de prix de ces machines permettent d'apprécier combien le club des acheteurs peut être réservé (70 nouvelles machines par an). *Toutefois, le marché croît très rapidement, entre 25 et 30 % par an, alors que les prix baissent puisque le Cray 1, lancé en 1976, valait 10 millions de dollars et qu'une machine deux fois plus rapide comme l'E.T.A.-10 Q vaut 8 millions de dollars.* La forte croissance s'explique aussi par l'augmentation des besoins en techniques de modélisation (aéronautique, automobile, nucléaire). Cependant, ce segment de marché demeure étroit puisqu'il ne représente que 705 millions de dollars en 1987 si l'on excepte les processeurs vectoriels, les minisuper-ordinateurs (et le haut de gamme des ordinateurs universels).

Prix d'une configuration (millions de \$)	
E.T.A.-10	8-22
NECSX-2	15-25
CRAY-MP	4-20

Graphique 5-9

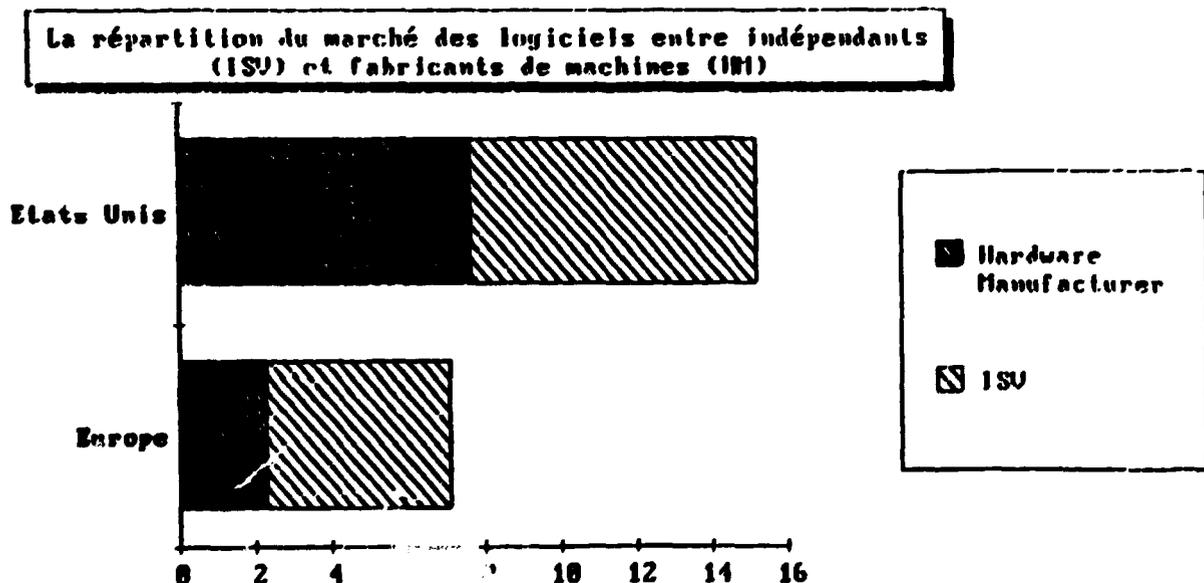
Les acteurs sur le marché des super ordinateurs en 1986



3. Logiciels : le carrefour

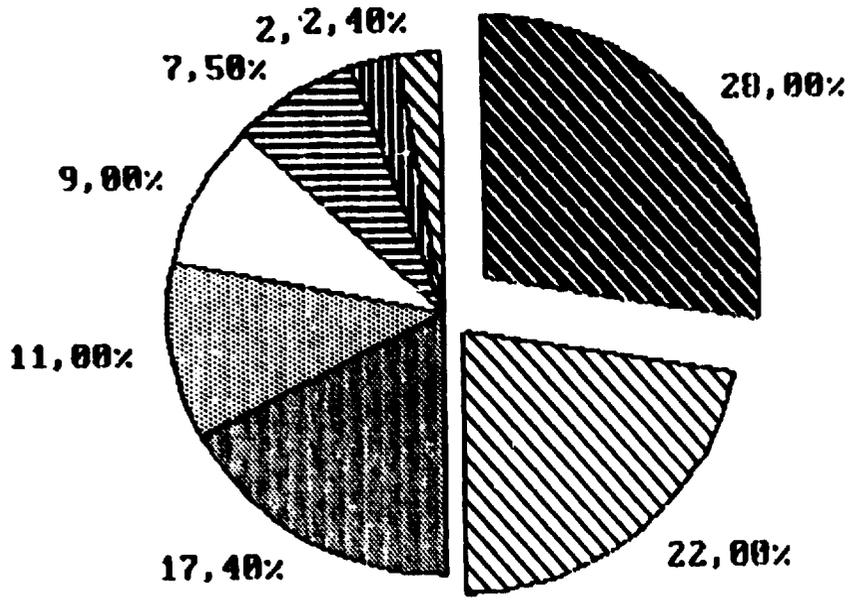
11. Au milieu des années 70 fut prise la vraie mesure du rôle crucial des logiciels dans l'électronique mondiale. Les estimations de la valeur de ce marché sont très délicates selon que l'on incorpore les services informatiques ou la maintenance des logiciels. Alors que les cent premières firmes de l'industrie informatique mondiale réalisaient, en 1987, selon le magazine DATAMATION, respectivement 17,0 et 15,2 milliards de dollars de chiffre d'affaires en logiciels et en services, l'Electronics International Corporation (E.I.C.) évalue ce marché à 66,5 milliards dont 38 milliards pour les progiciels et les logiciels sur mesure. Avec un coût d'entrée extrêmement faible, cette industrie jouit d'un taux de croissance constamment établi entre 10 et 20 % par an et devrait maintenir ce niveau jusqu'au milieu des années 90. L'informatique décentralisée, née avec les mini-ordinateurs, et largement diffusée avec le développement des micro-ordinateurs, a considérablement modifié le profil de cette industrie. L'adoption, en 1981, par I.B.M. du système d'exploitation MS/DOS de Microsoft Inc., une firme indépendante, caractérise cette nouvelle situation propre aux années 80, où les concepteurs indépendants (Independent Software Vendors) peuvent imposer leurs standards (graphique 5-.). L'explosion du marché a conduit, en 1984, à la mise en place du premier salon international du logiciel, le SOFTCON, à la Nouvelle-Orléans.

Graphique 5-10



Source : GERNIC d'après Electronic Business et Datamation.

La structure du marché des progiciels par applications



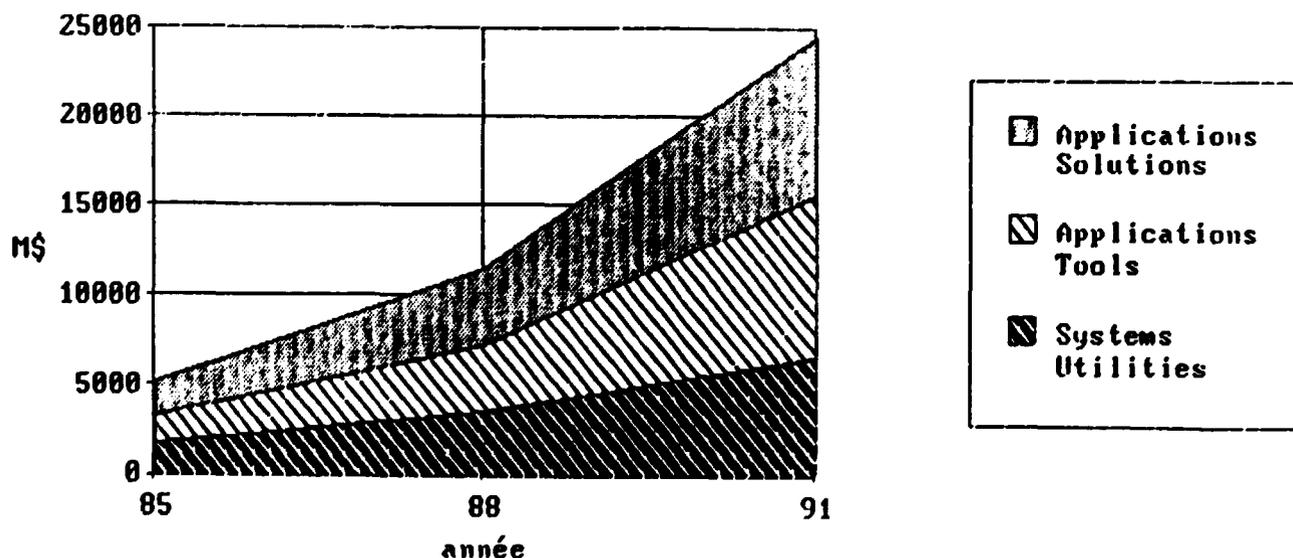
- ▨ Traitement de textes
- ▧ Base de Données
- 1-2-3 (Tab)
- ▩ Intégrés
- Graphique
- ≡ Supercalc 2 et 3 (Tab)
- ▤ Autres tableurs
- ▨ Multiplan (Tab)

Source : GERDIC d'après Romtec et Lotus

12. Toutefois, cette industrie recourt encore à des méthodes de production archaïques. En effet, alors que la puissance des ordinateurs double tous les deux ou trois ans et que la longueur des programmes s'accroît de 25 % par an, le nombre de programmeurs ne croît que de 4 %. En outre, *les anciens logiciels, implantés il y a une vingtaine d'années sur les sites, ont été modifiés au fur et à mesure de l'évolution des besoins et du matériel. Les modifications de ces programmes s'avèrent de plus en plus difficiles et en diminuent l'efficacité.* Aussi, la maintenance des logiciels arrive à absorber 60 % des budgets de traitement de l'information. Ces contraintes ont favorisé le développement de la *conception de logiciels assistée par ordinateurs (C.L.A.O. ou C.A.S.E.)*. Initiée par la France et la Grande-Bretagne dans le cadre d'un projet Esprit financé à hauteur de 690 millions de dollars, la C.L.A.O. a été reprise par les industriels japonais dans le cadre du projet SIGMA (200 millions de dollars). Selon Texas Instruments, *les systèmes experts de C.L.A.O. devrait représenter un marché de 2 milliards de dollars en 1992*. La diffusion de la C.L.A.O. hypothèque les prévisions de croissance du marché. International Data Corp évalue à environ 40 milliards de dollars le marché des progiciels aux Etats-Unis, en 1990. Il atteignait 8 milliards en 1983 et 21 milliards en 1986, selon cette société. En Europe, le marché tendrait vers 25 milliards au seuil de l'application de l'Acte Unique, contre 5 milliards en 1985 (graphique 5-12). L'E.I.C. prévoit des taux de croissance un peu plus modestes, de l'ordre de 20 à 22 %, mais qui demeurent malgré tout satisfaisants.

Graphique 5-12

Les perspectives du marché des progiciels en Europe (millions de dollars)



Source : GERDIC d'après les statistiques d'IDC.

13. Comme dans le cas des logiciels classiques, les systèmes d'exploitation (S.E.) prennent du retard vis-à-vis des nouveaux ordinateurs. Ces logiciels qui émulent les fonctions essentielles de la machine doivent accomplir des tâches communes à tous les logiciels d'application. La première génération de SE pour micro-ordinateurs était le CP/M de Digital Research, détrôné par le MS/DOS de Mirosoft. Mais les concepteurs de progiciels proposent des applications intégrées qui émulent simultanément plusieurs programmes tandis que chaque programme, de plus en plus simple pour l'utilisateur dispose de fonctions de plus en plus nombreuses qui exigent davantage de mémoires. Or un SE comme le MS/DOS ne peut contrôler que 640K de mémoire centrale, capacité qui commence à être désuète quant aux besoins des utilisateurs et au potentiel de la technologie. Ce décalage est apparu plus clairement encore avec la diffusion du microprocesseur 32-bit d'INTEL, le 80386. Bien qu'il puisse activer simultanément différents programmes et utiliser d'importantes quantités de mémoires, ce microprocesseur n'a pas immédiatement trouvé de SE optimisant son utilisation. Avec le PS/2 d'IBM, mirosoft a proposé le système d'exploitation OS/2 afin de maintenir la domination du DOS dans la micro-informatique. Ainsi aux Etats-Unis sa part devrait passer de 68 % en 1986 à 84 % en 1990.

14. Dans les autres domaines de l'informatique, en revanche la recherche d'une norme internationale et de la transportabilité des logiciels d'applications, amenant de plus en plus de constructeurs à adopter le SE UNIX, développé en 1969 chez A.T.T. Initialement commercialisé par les fabricants de supermicro-ordinateurs multi-utilisateurs, comme Altos Computer ou Plexus Computers, *UNIX trouve de plus en plus d'applications dans l'atelier flexible, la C.A.O./P.A.O. et les superordinateurs.* C'est pourquoi INTEL a configuré sa nouvelle famille de microprocesseurs 80x86, pour qu'ils fonctionnent sous UNIX. *Le consensus des fabricants a débouché le 17 mai 1988 sur un accord entre I.B.M., D.E.C., Apollo, H.P., Bull, Nixdorf et Siemens pour développer un nouveau standard dérivé d'UNIX.* Malgré son rachat de Sun Microsystems, société qui produit des stations de travail, et sa volonté de contrôler les développements à venir de ce SE, A.T.T. perd bien la maîtrise de son logiciel. Toutefois, I.C.L., Xerox et Unisys (née de la fusion Burroughs-Sperry) ont rallié le tandem Sun-A.T.T. L'enjeu est important et constitue pour A.T.T. sa dernière chance de s'offrir une place sur le marché de l'informatique. En effet, si un ordinateur sur cent tournait sous UNIX en 1981, ce marché devrait être multiplié par douze, en Europe, d'ici à 1991. Apple, lui-même, a annoncé en février 1988, un S.E. UNIX pour son Mac Intosh II.

15. L'intelligence artificielle (I.A.) recouvre de nombreux domaines d'applications dans lesquels des logiciels spécifiques chargés sur des machines suffisamment puissantes permettent d'offrir des diagnostics, d'aider à la conception, de traduire des textes, etc. Les logiciels de ces systèmes-experts se réfèrent à des bases de référence pour "raisonner" et tirer des conclusions. *Domaine exploré depuis presque trente ans, l'I.A. repose plus particulièrement sur deux langages, LISP (1958) et PROLOG, qui permettent de traiter des symboles, et pas seulement des nombres, de telle sorte qu'ils sont sensiblement plus rapides que les autres langages de programmation comme Basic, Cobol ou ADA.* En 1985, les premiers progiciels "experts" ont vu le jour etc la plupart des constructeurs ont alors proposé des compilateurs LISP ou PROLOG. De nombreuses sociétés ont été créées alors que les gouvernements multipliaient les financements. Dans cette effervescence, l'évaluation du marché est délicate. Evalué à 200 millions de dollars aux E.U. en 1985, il devrait atteindre 4 à 10 milliards de dollars en 1990 et 30 à 40 milliards en 1995, matériels et logiciels confondus. Les logiciels, (langages naturels et langages I.A.) auraient représenté 60 millions en 1985, mais le marché devrait croître à plus de 60 %. Le tableau 5-3 présente des hypothèses basses.

**Tableau 5-3: Le marché nord-américain de l'Ingelligence Artificielle
(millions de \$)**

Millions de dollars	1985	(%)	1990	(%)	Δ (%)
*Systèmes Experts	145	11,5%	810	18,3%	53,7%
*Langages Naturels	125	9,7%	650	14,7%	51,0%
*Reconnaissance visuelle	200	20,0%	640	19,0%	34,1%
*Reconnaissance vocale	40	3,2%	250	5,6%	58,1%
*Langages IA	35	2,8%	105	2,4%	31,6%
*Ordinateurs IA	510	40,3%	1570	35,5%	32,5%
*Contrats Federaux	150	11,9%	200	4,5%	7,5%
TOTAL	1265	100,0%	4425	100,0%	36,8%

Source : GEFIC d'après Electronic Business.

4. Télécommunications : la compression contre le R.N.I.S.

16. L'industrie des télécommunications est avant tout marquée par sa convergence avec l'informatique. En dix ans, la fusion des deux domaines s'est achevée avec le développement de services comme les messageries vocales, le courrier électronique ou la vidéo-conférence. Simultanément, de nouvelles opportunités ont émergé comme les réseaux privés, les immeubles "intelligents" (smart buildings) et les réseaux locaux (Local Area Network ou LAN). De cette effervescence a découlé la disparition de la frontière entre les réseaux privés et le réseau public, de la même façon qu'il est devenu délicat de distinguer entre la commutation et la transmission. Néanmoins, les analystes sont d'accord pour considérer que certains segments du marché vont stagner ou décroître aux Etats-Unis et en Europe d'ici au début des années 90 (tableaux 5-4 et 5-5). Les commutateurs publics constituent un marché stagnant. Il en va de même de la commutation privée (P.B.X.) tant que les Réseaux Numériques à Intégration de Services (R.N.I.S.) ne sont pas achevés. Toutefois, les grandes firmes, dont le budget télécommunications est considérable, car elles transmettent d'énormes quantités de données, s'efforcent de contourner (bypass) le réseau public et de mettre en place leur propre réseau. Cette tendance qui s'accroît devrait offrir un débouché intéressant aux producteurs d'équipements cellulaires (Motorola, Nec, Matra, Siemens) et de multiplexeurs à grande vitesse. La croissance de ces segments du marché devrait s'essouffler au milieu des années 90, avec l'achèvement de R.N.I.S. dans les pays industrialisés. Car les réseaux numériques offriront aux usagers des services attrayants à un coût abordable ce qui les dissuadera de contourner les réseaux publics. La perspective globale du marché laisse entrevoir une sophistication accrue du matériel destiné aux usagers, sophistication qui aboutira avec le R.N.I.S. à la mise en place de vidéophone ou autres appareils de communications futuristes. Simultanément on doit s'attendre à une réduction des coûts de transmission grâce à la multiplication de réseaux en fibres optiques à large bande et aux techniques de compression-décompression du signal (CODEC) qui permettent d'augmenter le nombre de données transmises sur le réseau. Ces dernières remettent en cause le marché de la transmission par paquets qui devrait commencer à décroître à partir de 1993 aux Etats-Unis après avoir crû de 25 % entre 1987 et 1991.

Tableau 5-4 - Les perspectives du marché européen du matériel de télécommunications

Millions de dollars	1986	(%)	1991	(%)	(%)
Terminaux	3565	28,1%	4583	27,0%	5,15%
Commutation publique	3032	23,9%	2733	16,1%	-2,06%
Commutation privée	2829	22,3%	2903	17,1%	0,52%
Transmission	1535	12,1%	2122	12,5%	6,69%
Transmission de données	1421	11,2%	3293	19,4%	18,30%
Communications cellulaires	266	2,1%	968	5,7%	29,46%
Autres Equipements	38	0,3%	373	2,2%	57,90%
Total	12687	100,0%	16975	100,0%	5,99%

Source : GERDIC d'après Electronique Hebdo, 7/05/1987.

Tableau 5-5 - Les perspectives du marché nord-américain du matériel de télécommunications

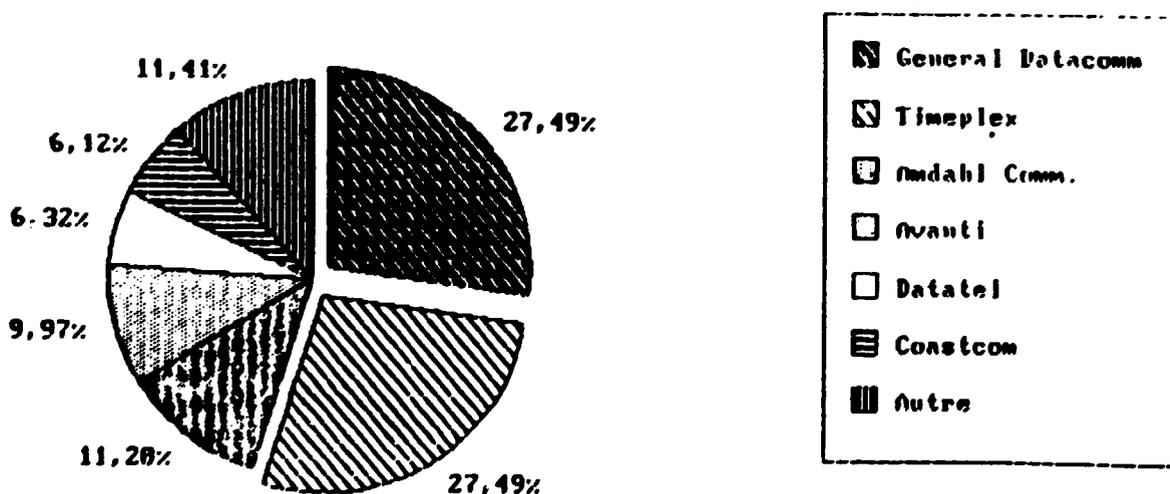
Millions de dollars	1985	(%)	1990	(%)	(%)
Terminaux	1243	5,54%	2018	6,63%	10,2%
Commutation Publique	6005	26,76%	5100	18,92%	-3,2%
Commutation Privée	5247	23,38%	4072	15,11%	-4,9%
Transmission	4532	20,19%	7420	27,53%	10,4%
Fibres Optiques	725	3,23%	1838	6,82%	20,4%
T-1 Multiplexeur	145	0,65%	562	2,09%	31,1%
Communications Cellulaires	528	2,35%	920	3,41%	11,7%
Datacom	1992	8,88%	6136	22,77%	25,2%
Bypass cellulaires	228	1,02%	556	2,06%	19,5%
Autres	1799	8,02%	1811	6,72%	0,1%
Total	22444	100,00%	30433	100,00%	6,3%

Source : GERDIC d'après Electronic Business, données de Dataquest

17. Le segment le plus dynamique du marché des transmissions est constitué par les multiplexeurs (M.U.X.) T-1, dont la dénomination provient des spécifications techniques de ce matériel qui peut transmettre des données numériques à un taux de 1,5 megabits par seconde, c'est-à-dire l'équivalent de 24 conversations téléphoniques sur un seul canal. Les sociétés ayant construit plusieurs dizaines de réseaux locaux, les font communiquer entre eux à longue distance grâce au M.U.X. T-1. Enfin, le T-1 permet la fusion des conversations téléphoniques numérisées et des données. Le prix de ce matériel, 50 000 à 100 000 \$, autorise un amortissement en l'espace de quatre à six mois grâce aux économies réalisées.

Graphique S-13

Les acteurs sur le marché mondial des MUX T-1 en 1985

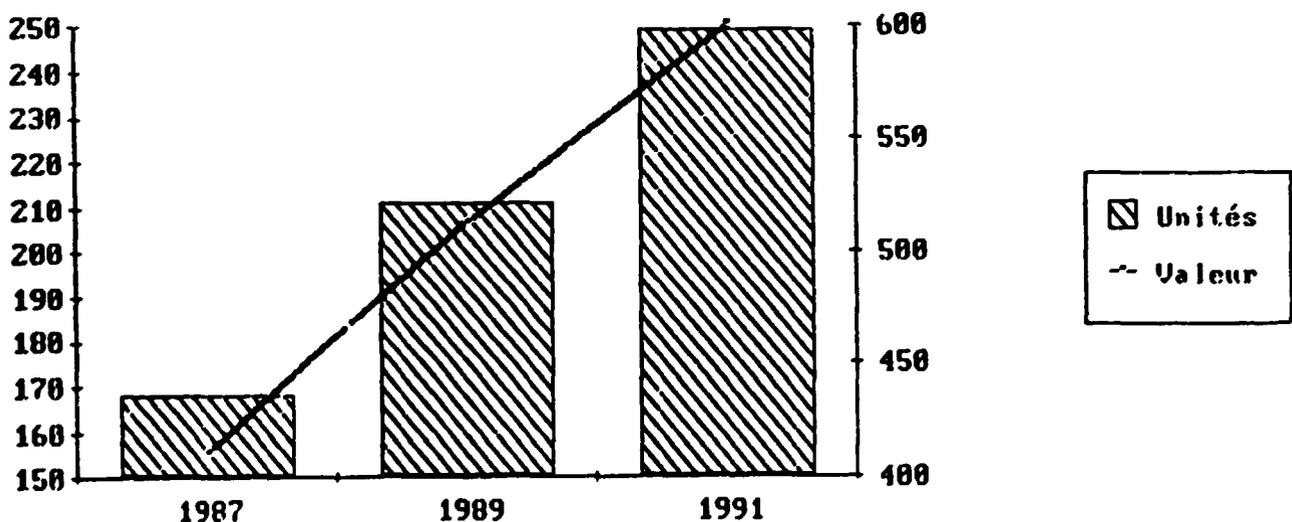


Source : GERDIC d'après Electronic Business, données d'IDC.

18. La puissance accrue des micro-ordinateurs et la vitesse de traitement du signal exige des appareils de connection au réseau téléphonique (modulateurs-démodulateurs ou MODEM) de plus en plus rapides. La norme s'établit désormais à une vitesse minimum de 9 600 bits par seconde. Définie par le C.C.I.T.T., le standard V.32 n'a pas été adopté par tous les constructeurs et le prix des machines demeure élevé, plus de 2 000 \$ l'unité. C'est pourquoi *les ventes restent encore limitées aux applications pour lesquelles le coût est secondaire vis-à-vis de la performance.* Dans l'hypothèse d'une baisse de prix, il est certain que ce marché se développerait très rapidement. *Mais les baisses de prix sont difficiles à pratiquer dans la mesure où le standard complexe du C.C.I.T.T. augmente les coûts de revient.* C'est pourquoi certaines sociétés, comme Telebit, ont opté pour leur propre protocole que le C.C.I.T.T. semble prêt à accepter comme norme mondiale du bas de gamme des modem haute-vitesse.

Graphique 5.14

Le chiffre d'affaires en modem 9600 bps des constructeurs américains

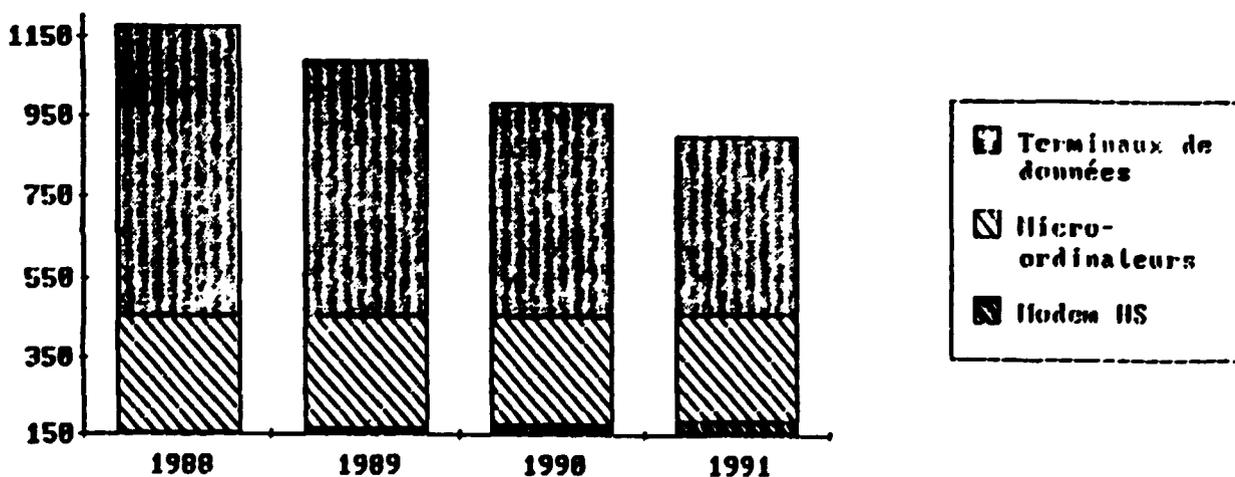


Source : GERDIC d'après IDC.

19. L'expansion du volume des données numériques transitant par le réseau des télécommunications a amené plusieurs bouleversements. Les M.U.X. T-1 constituent un des aspects de cette mutation mais la compression de données et les fibres optiques provoquent également une rupture technique. *La compression des données permet des économies de transmission considérables puisque la voix peut être transmise à 16 kilo bits par seconde et l'image (visio-conférence) à 64 Kbps, au lieu de 144 kbps qui sont la norme pour le R.N.I.S.* Cette technique diminue en partie l'attrait des fibres optiques puisque les besoins de transmission peuvent être réduits. Elle bouleverse le marché des modems puisqu'elle permet d'en doubler ou tripler la vitesse ; diminuant du même coup l'intérêt des modem 9 600 bps (cf. 18). L'absence d'une norme unique pour ces derniers risque de favoriser les modem à 2 400 bps qui, équipés en compression de données, peuvent atteindre 7 200 bps pour un prix bien inférieur à celui des modem haute-vitesse (H.S.). En outre, le restant du marché des modems se compose de ceux intégrés aux micro-ordinateurs, de telle sorte que le seul marché restant pour les modem ordinaires risque d'être en O.E.M. mais les P.C. intégreront de plus en plus souvent des modem. C'est pourquoi la croissance du marché en volume devrait être de 11,4 % par an aux E.U. entre 1988 et 1991 pour les H.S. et de 16,7 % pour les modem intégrés à un P.C. En revanche, le marché des autres variétés de modem devrait décroître de 2,5 % par an. Le graphique 5-15 montre les évolutions en valeur. Malgré des livraisons annuelles passant de 2,2 à 3 millions d'unités, les baisses de prix amènent une diminution de la valeur du marché aux E.U. (-8,5 %).

Graphique 5-15

Le marché nord-américain des modem (millions de \$)



Source : GERDIC d'après Dataquest.

20. Les plus nombreuses applications des composants et des câbles en fibres optiques ne se situent pas au niveau des réseaux nationaux de télécommunications mais, au contraire, au niveau de l'équipement des usagers et des réseaux locaux. Deux facteurs ont joué dans ce sens. D'abord, le prix des composants actifs a beaucoup baissé. Ainsi, l'opto-électronique d'un transmetteur pour fibre optique est passée de 2 000 \$ à 500-600 \$ en 1987. Un prix de 100 \$ est escompté dans un proche futur. Ensuite, des normes ont été définies pour les réseaux locaux à fibres optiques, le Fiber Distributed Data Interface (F.D.D.I.). Les réseaux à f.o. aux normes F.D.D.I. pourront transmettre des données à 100 megabits par seconde. De nombreux fabricants de S.C. s'efforcent de fournir des circuits intégrés aux normes F.D.D.I.. Commercialisé à 100 \$ pièce dans un premier temps, ces composants seront intégrés au P.C., notamment aux stations de travail C.A.O./P.A.O. Traditionnellement dominé par les télé-communications, le marché, de la f.o. (composants + câbles) devrait donc progressivement être dominé par la communication de données qui, aux Etats-Unis, devrait en représenter un tiers en 1992 (tableau 5-6).

Tableau 5-6

Millions de dollars	1986	(%)	1992	(%)	(%)
Marché Fibres Optiques	875	100,00%	2700	100,00%	20,66%
dont optoélectronique	638	72,91%	2200	81,48%	22,91%
dont Datacom	137	15,66%	812	30,07%	34,53%
dont Connecteurs	52	5,94%	145	5,37%	18,63%

Source : GERDIC d'après Electronic Business.

5 - Mécatronique : la grande effusion

21. **L'automatisation** fait appel à presque tous les secteurs de l'électronique : ordinateurs, contrôleurs, semi-conducteurs, Intelligence Artificielle, etc. qui constituent le cerveau de l'Usine du Futur. Les muscles sont les robots, les machines-outils programmables (M.O.C.N.), le matériel de manutention, automatique. Ensuite, les sens sont constitués par des palpeurs et des senseurs qui évaluent la température ou apprécient les vibrations. Enfin, elle incorpore également la Conception et le Dessin Assistés par Ordinateurs (C.A.O./D.A.O.) et le test automatique. *D'après les travaux du B.I.P.E., le marché mondial était estimé à 15 milliards de dollars en 1983 et devrait atteindre 85 milliards en 1990, soit une croissance annuelle oscillant entre 20 et 25 %.* Le mécatronique touche tous les secteurs, qu'il s'agisse de procédés continus (énergie, chimie) ou discrets (automobile, I.E.E., etc.). L'industrie énergétique à elle-seule représente 25 % du marché. En outre, l'automatisation gagne progressivement les P.M.E. puisque toutes les fonctions s'avèrent automatisables. Le tableau 5-7 présente la croissance attendue de ce marché aux Etats-Unis, selon les différents segments observables.

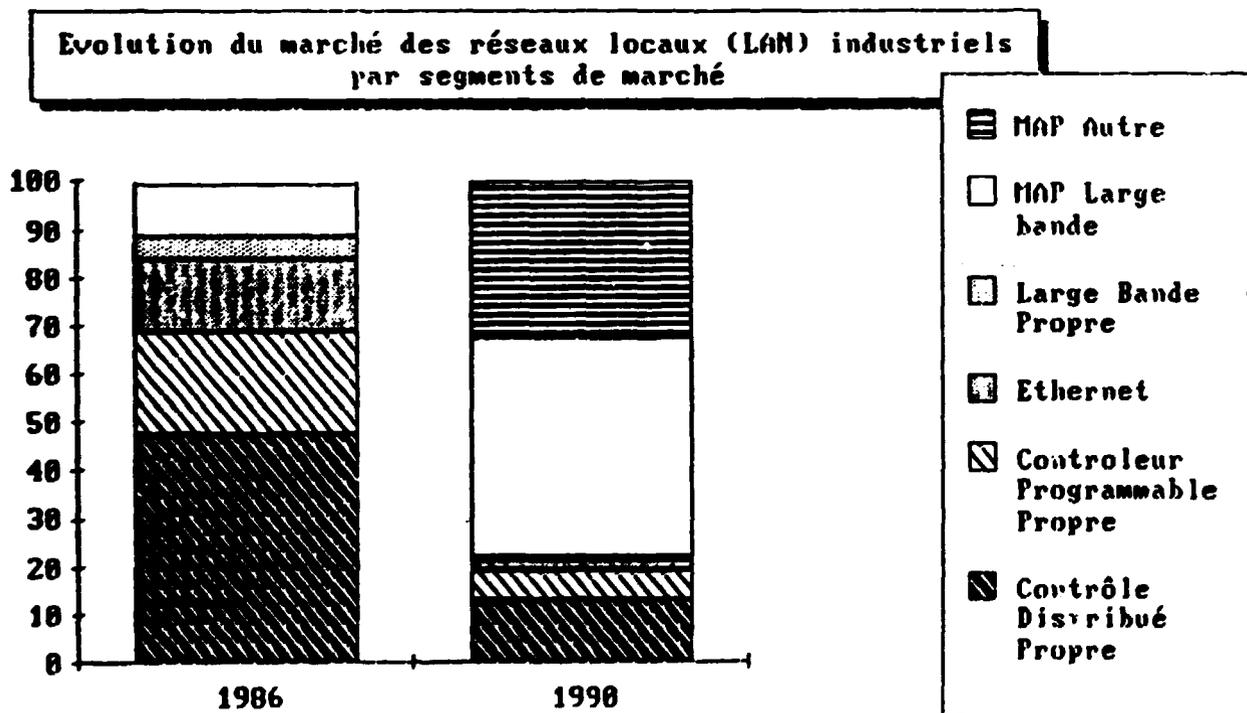
Tableau 5-7

Millions de dollars	1985 (%)	1990 (%)	1995 (%)	(%)			
• Machines Outils	5300	20,87%	5700	18,51%	18000	18,31%	15,0%
• Manutention Automatisée	5000	19,69%	8900	16,98%	15000	15,26%	11,6%
• Contrôle et Communications	3800	14,96%	8400	16,03%	14500	14,73%	14,3%
• Contrôles de Procédés	3100	12,20%	5500	10,50%	10000	10,17%	12,4%
• Test & Inspection Automatique	3000	11,61%	7200	13,74%	12000	12,21%	14,5%
• Senseurs/Palpeurs	2400	9,45%	4700	8,97%	9300	9,46%	14,5%
• CAO/DAO	1700	6,69%	4500	8,59%	12000	12,21%	21,6%
• Contrôleurs Programmables	700	2,76%	1400	2,67%	3000	3,05%	15,7%
• Robots	400	1,57%	2100	4,01%	4500	4,58%	27,4%
• TOTAL	25400	100,00%	52400	100,00%	98300	100,00%	14,5%

Source : GENVIC & après Electronic Business

22. Le premier problème est d'orchestrer les machines de tous types pour produire une symphonie plutôt qu'une cacophonie. Il a donc été nécessaire de développer un protocole standard de communication qui permettent aux multiples machines de communiquer. Les réseaux locaux proposés sont de différents types et, initialement, les protocoles différaient entre les producteurs. *Toutefois, General Motors semble avoir imposé une norme de fait avec son Manufacturing Automation Protocol (M.A.P.).* Avalisé par les grands producteurs de réseaux locaux comme Ungerman-Bass Inc., ce protocole dominera probablement le marché dans les années 90, aux dépens des L.A.N. dérivés de l'industrie informatique comme Ethernet, (graphique 5-16) et pourrait représenter 78 % des applications. Le succès de ce protocole tient à ce qu'il s'appuie sur les normes O.S.I. (Open Systems Interconnection) agréées par l'International Standards Organization. Aux Etats-Unis, ce marché devrait atteindre 500 millions de dollars en 1990 pour une croissance annuelle de 30 %.

Graphique 5-16

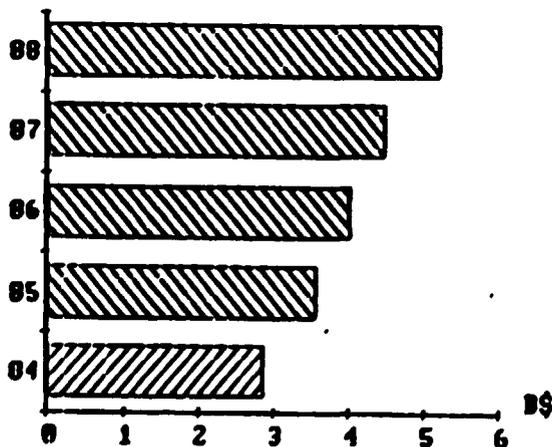


Source : GERDIC d'après les données de Venture Development.

23. Un des segments les plus prometteurs du marché de l'automatisation est celui de la *conception et de la production assistées par ordinateurs et des stations de travail* qui y sont liées. Très dépendant du cycle des affaires, ce marché devait croître de 12 % en 1988. Mais l'industrie est soumise à une consolidation sans précédent et beaucoup de firmes sont rachetées ou disparaissent. Ainsi, aux Etats-Unis, MENTOR Graphics a fusionné avec CAEDENT Corp et INTEGRATED Measurement Systems. TERADYNE a racheté AIDA Corp. Le plus spectaculaire rapprochement demeure la prise de participation de 20 % d'A.T.T. dans SUN Microsystems. Les deux firmes coopèrent pour développer un nouveau microprocesseur (RISC) (cf. 5.6) et élargit les applications sous UNIX (cf. 5.4). *Simultanément et contribuant à des restructurations, les guerres de prix font rage.* Aux Etats-Unis, les baisses de prix des stations de travail bas de gamme les font vendre à 5 000 \$ en mars 1988 contre 40 000 \$ en 1985. En outre, les stations de travail classiques sont désormais concurrencées par les P.C. 32-bit, construits autour du microprocesseur 80386. Ces derniers peuvent supporter UNIX. Mais le marché demeure vivace. Le chiffre d'affaires mondial des constructeurs nord-américains atteindrait 4,9 milliards de dollars en 1988 pour les systèmes de C.A.O./P.A.O., en général, et 2,9 milliards de dollars (60 %) pour les seules stations de travail. Sa croissance se situerait entre 15 et 20 % pour les années à venir (graphique 5-17).

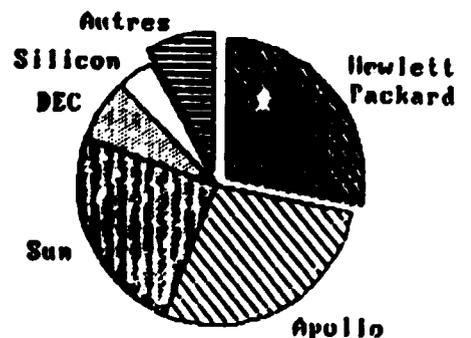
Graphique 5-17

Ventes Mondiales de systèmes de CAO/PAO par les producteurs nord-américains



Source : Datatech Inc.

Les principaux vendeurs nord-américains en 1986.



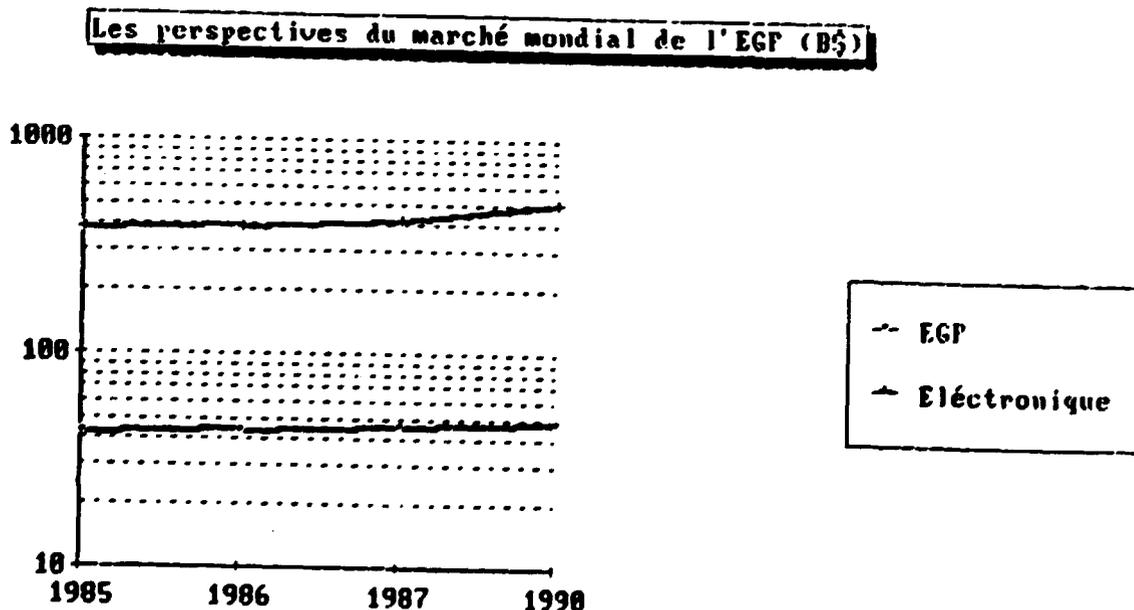
Source : IDC

6. Electronique Grand Public : A bout de souffle ?

24. Plus de la moitié des produits électroniques vendus au public en 1986, n'existait pas dix ans plus tôt (magnétoscopes, disques lasers, ordinateurs personnels, montres électroniques). Le mouvement va se maintenir, mais la plupart des industriels du secteur estiment que les *introductions de produits radicalement nouveaux devraient être moins nombreuses dans les années 90*. Pour l'essentiel, les produits existants ou annoncés devraient diminuer en taille et baisser en prix. Le problème sera de maintenir l'intérêt du consommateur pour les produits améliorés. C'est pourquoi les analystes prévoient une réduction des marges de l'industrie.

25. Les guerres de prix risquent de pénaliser la croissance du marché et les statistiques du B.E.P. présentent un marché mondial de l'E.G.P. de 45,2 milliards de dollars en 1987 et de 47,1 milliards en 1990, soit une croissance annuelle en valeur de 1,4 %. L'E.G.P. passerait alors de 11 % du marché électronique mondiale à 9,5 % en 1990 (graphique 5-18) achevant un mouvement de recul en valeur relative amorcé depuis la Seconde Guerre Mondiale. Toutefois d'importantes modifications de la structure de ce marché de l'E.G.P. est prévisible avec la T.V. Haute Définition, la domotique, le disque laser ou l'insertion de composants électroniques dans les appareils électroménagers.

Graphique 5-18



Source : GERDIC d'après les données de B.E.P.

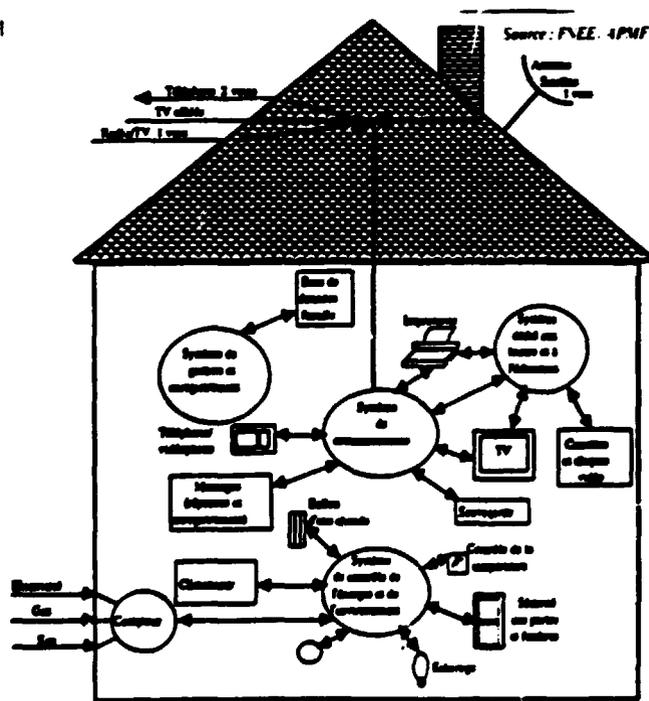
**Tableau 5-8 : Le marché de l'E.G.P. dans les grands pays industrialisés
entre 1974 et 1984**

* Millions de dollars	1984	(%)	1979	(%)	1974	(%)
* Etats Unis Total	19190,6	100,0%	11848,8	100,0%	6908,2	100,0%
* TV	5684,1	29,6%	4091,3	34,5%	3378,6	48,9%
* Magnétoscopes	2789,5	14,5%	477,7	4,0%	5	0,1%
* Radios	2646,4	13,8%	956,3	8,1%	869,5	12,6%
* Phonographes	628,1	3,3%	725	6,1%	319,6	4,6%
* Magnetophones	593,4	3,1%	778	6,6%	700,7	10,1%
* Hi-Fi	1864,6	9,7%	905	7,6%	542,5	7,9%
* Video Disk Player	119,4	0,6%		0,0%		0,0%
* Horlogerie	767,6	4,0%	639	5,4%	115	1,7%
* Autres	4097,5	21,4%	3276,5	27,7%	977,3	14,1%
* Europe Total	15822,9	100,0%	13025,6	100,0%	6222	100,0%
* TV	5236,1	33,1%	6533,7	50,2%	3830,3	61,6%
* Magnétoscopes	3260,7	20,6%	437	3,4%	23,8	0,4%
* Radios	2168,8	13,7%	2053,1	15,8%	928,4	14,9%
* Phonographes	317,7	2,0%	518,2	4,0%	355,8	5,7%
* Magnetophones	750,4	4,7%	648,7	5,0%	517,6	8,3%
* Hi-Fi	2250,8	14,2%	1715,4	13,2%	535,8	8,6%
* Video Disk Player	114,1	0,7%		0,0%		0,0%
* Horlogerie	563,5	3,6%	512,3	3,9%		0,0%
* Autres	1160,8	7,3%	607,2	4,7%	30,3	0,5%
* Japon Total	11219,3	100,0%	6903,9	100,0%	4136,9	100,0%
* TV	2387,1	21,3%	2335,5	33,8%	1666,6	40,3%
* Magnétoscopes	2469,2	22,0%	515,1	7,5%	55	1,3%
* Radios	732,1	6,5%	949,1	13,7%	572,1	13,8%
* Phonographes	23,6	0,2%	185,3	2,7%	376,3	9,1%
* Magnetophones	843,2	7,5%	706,5	10,2%	439,7	10,6%
* Hi-Fi	824,1	7,3%	784,1	11,4%	332,7	8,0%
* Video Disk Player	91,5	0,8%		0,0%		0,0%
* Horlogerie	965,5	8,6%	563,4	8,2%	70	1,7%
* Autres	2883	25,7%	864,9	12,5%	624,5	15,1%
* Grand Total	46232,8	100,0%	31778,3	100,0%	17267,1	100,0%
* TV	13307,3	28,8%	12960,5	40,8%	6875,5	51,4%
* Magnétoscopes	8519,4	18,4%	1429,8	4,5%	83,8	0,5%
* Radios	5547,3	12,0%	3958,5	12,5%	2370	13,7%
* Phonographes	969,4	2,1%	1428,5	4,5%	1051,7	6,1%
* Magnetophones	2187	4,7%	2133,2	6,7%	1658	9,6%
* Hi-Fi	4939,5	10,7%	3404,5	10,7%	1411	8,2%
* Video Disk Player	325	0,7%	0	0,0%	0	0,0%
* Horlogerie	2296,6	5,0%	1714,7	5,4%	185	1,1%
* Autres	8141,3	17,6%	4748,6	14,9%	1632,1	9,5%

Source : GERDIC d'après les données d'Electronics

26. L'un des enjeux à relever par les constructeurs est la conception et la promotion de la maison intelligente, c'est-à-dire un environnement domestique intégré qui regroupe sous un seul système de contrôle des tâches aussi diverses que le chauffage ou le conditionnement de l'air, la sécurité, le loisir, la cuisine, etc. Aux Etats-Unis, le mouvement a été assuré par la National Association of Homebuilders qui revendique la mise en chantier d'environ 1 000 maisons intelligentes et qui prévoit que tous les constructeurs du bâtiment proposeront ce genre de produit aux alentours de 1995. La solution la plus simple est celle de l'intégration de réseaux domestiques dans les logements neufs grâce à la technique du précâblage dont le coût oscille entre 2 et 8 % de celui de la maison ; à l'issue de quoi différentes options "domotique" pourront être proposées (schéma 5-1), mais les professionnels devront également envisager de s'insérer dans les logements existants ; c'est pourquoi ils doivent travailler à la standardisation des protocoles de communication sur les courants porteurs et les systèmes sans fil.

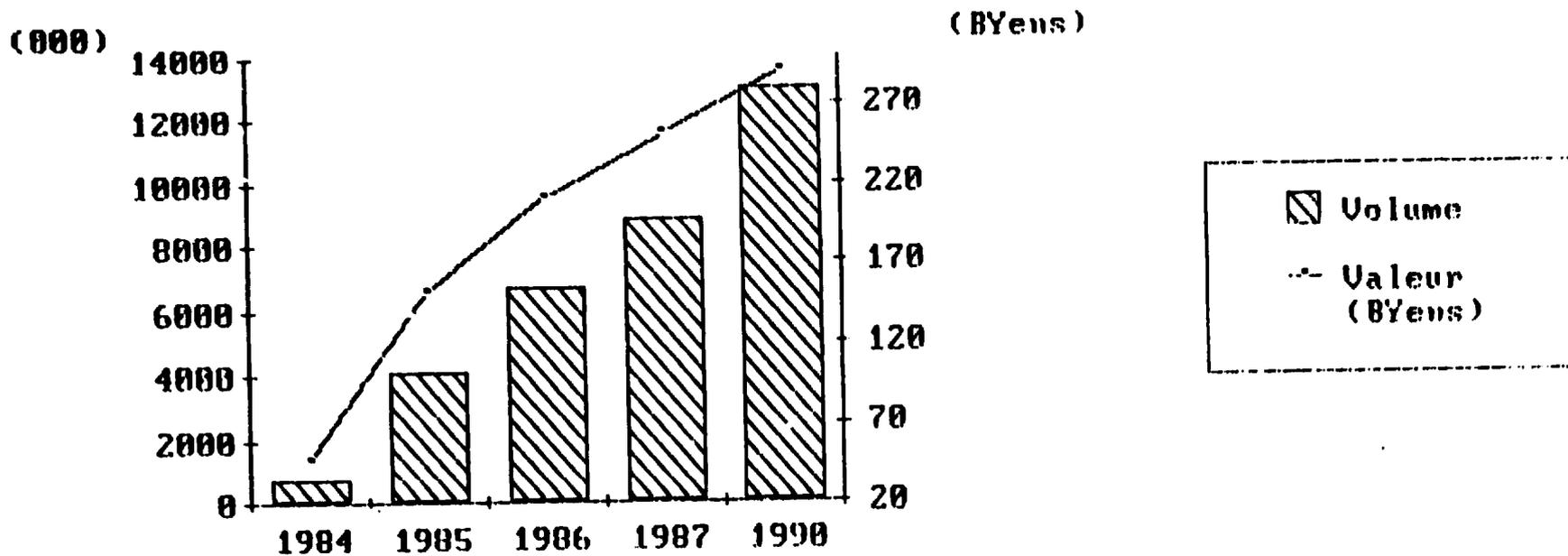
Schéma 5-1 : La maison intelligente



27. L'évolution des produits existants se produira notamment dans les applications vidéo, cela signifie *une numérisation des T.V. comme des magnétoscopes ou des camescopes* (camcorders) plus petits et plus légers. Le marché le plus visiblement prometteur semble être celui de la T.V. Haute Définition (T.V.H.D.), c'est-à-dire d'une résolution de l'image de 1025 lignes, contre 625 lignes actuellement. L'American Electronics Association évalue à plus de 100 milliards de dollars le marché mondial des T.V.H.D. dans les années 90, si l'on incorpore les matériels de transmission, les magnétoscopes intégrés au poste, etc. Les enjeux sont d'autant plus importants que ce marché aura un puissant effet d'appel sur l'industrie des circuits intégrés. Mais comme dans les années 60, où producteurs nord-américains et européens s'opposaient pour définir la norme mondiale en matière de T.V., aujourd'hui s'opposent la norme M.A.C. (Multiplexage Analogique de Composantes) européenne et la norme M.U.S.E. (Multiple Sub Nyquist Encoding) japonaise. Les compagnies évoluent donc avec prudence pour définir ce marché prometteur mais qui exige des investissements très considérables pour lesquels un résultat ne peut être escompté avant une dizaine d'années.

28. Les nouvelles technologies de lecteurs de disques à laser ont relancé la croissance du marché de l'audio-électronique. Les chaînes lasers portent l'essentiel de cette croissance puisque la production japonaise devrait croître de 25 % par an en volume et de 14 % en valeur entre 1985 et 1990 (graphique 5-19). *Introduite en 1983 et perçue comme la première innovation en audio depuis le magnétophone dans les années 60, la chaîne à laser et, ultérieurement, le Digital Audio Tape (D.A.T.) vont constituer un facteur de renaissance pour ce segment de marché en suscitant le remplacement du parc des hauts-parleurs ou des amplificateurs.* Globalement le marché devrait glisser vers la haut de gamme, mouvement déjà perceptible aux Etats-Unis où les industriels réalisant leur chiffre d'affaires sur ce segment de marché réalisaient, en 1986, des marges de 32 %, alors qu'elles étaient de 18 à 25 % pour les produits situés plus bas dans la gamme.

Les perspectives de la production de lecteurs de disques à laser au Japon



Source : GERDIC d'après les données de D.E.P.

29. Un marché potentiel considérable, suscité par la domotique, est celui de l'électroménager. En effet, à peine 10 % des appareils électro-ménagers incorporent des composants électroniques. Or, les professionnels de l'industrie estiment inévitable l'insertion de mécanismes de contrôle électroniques dans les réfrigérateurs, machines à laver ou autres séchoirs électriques. Or, la plupart des achats de matériels électro-ménagers ont pour objet, dans les pays industrialisés, le remplacement du matériel existant. Cela se traduit souvent pour l'acheteur par une montée dans la gamme de telle sorte que les produits haut de gamme devraient pouvoir représenter 20 % du marché vers 1990 contre 10 % aujourd'hui. Les évaluations de la valeur des composants électroniques intégrés dans le matériel varient de 50 à 100 \$ pour un réfrigérateur (Ref) et de 60 à 120 \$ pour une machine à laver (ML). Cela nous permet d'évaluer le marché potentiel pour ces deux seuls produits à 250 à 500 millions de dollars aux Etats-Unis ou au Japon pour les réfrigérateurs, à 400-800 millions de dollars aux Etats-Unis et 300 à 600 millions de dollars au Japon pour les ML. Plus délicates au niveau mondial, une estimation basse permet d'envisager un marché de l'ordre de 5 milliards de dollars.

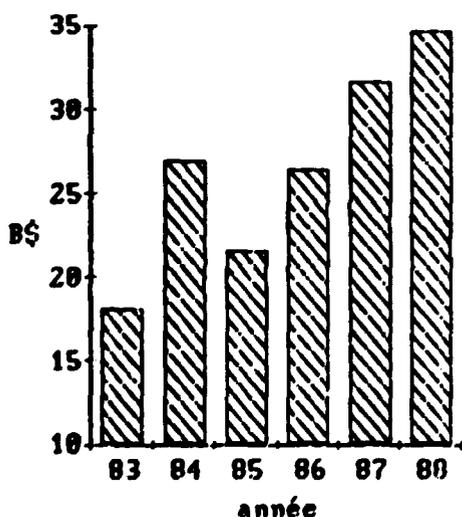
7 - Semi-conducteurs : des hauts et des bas

30. Après l'année 1984 où la production mondiale de semiconducteurs a crû de plus de 50 %, les industriels ont été ramenés à la dure réalité d'une industrie éminemment cyclique (graphique 5-21). Après une année 1985 catastrophique, les ventes mondiales ont repris leur mouvement haussier en 1987 :

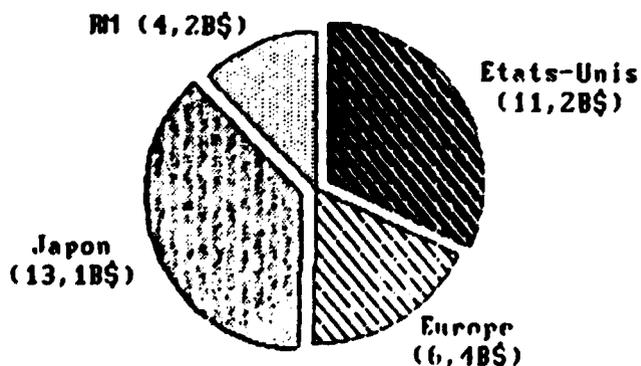
	$\Delta 86-87$	$\Delta 87-88$
Etats-Unis	18,8 %	11,1 %
Europe	13,0 %	5,5 %
Japon	15,5 %	8,4 %
R.M.	64,2 %	20,1 %
Monde	21,8 %	17,9 %

L'année 1988 laisse présager, à la suite du krach d'octobre 1987, une cassure de la reprise. Ces mouvements erratiques contribuent à épurer le marché dont la structure semble tendre vers un oligopole restreint et incitent les compagnies à multiplier les alliances stratégiques afin de partager le fardeau financier et technique que le marché mondial impose. Les entiers technologiques devenant plus complexes, l'avenir des petites firmes semble sérieusement compromis. Toutefois celles d'entre elles qui voudront se maintenir devront s'attacher à développer des niches c'est-à-dire, sur ce marché, des composants logiques complexes aussi intégrés que le sont actuellement les mémoires dynamiques par exemple. Par ailleurs, elles devront se soumettre au trend de décroissance du prix sachant que si un mégabit de mémoire coûtait 200 000 \$ en 1975, il en coûtait 100 en 1980... en coûtera 5 en 1995.

Marché mondial des semiconducteurs

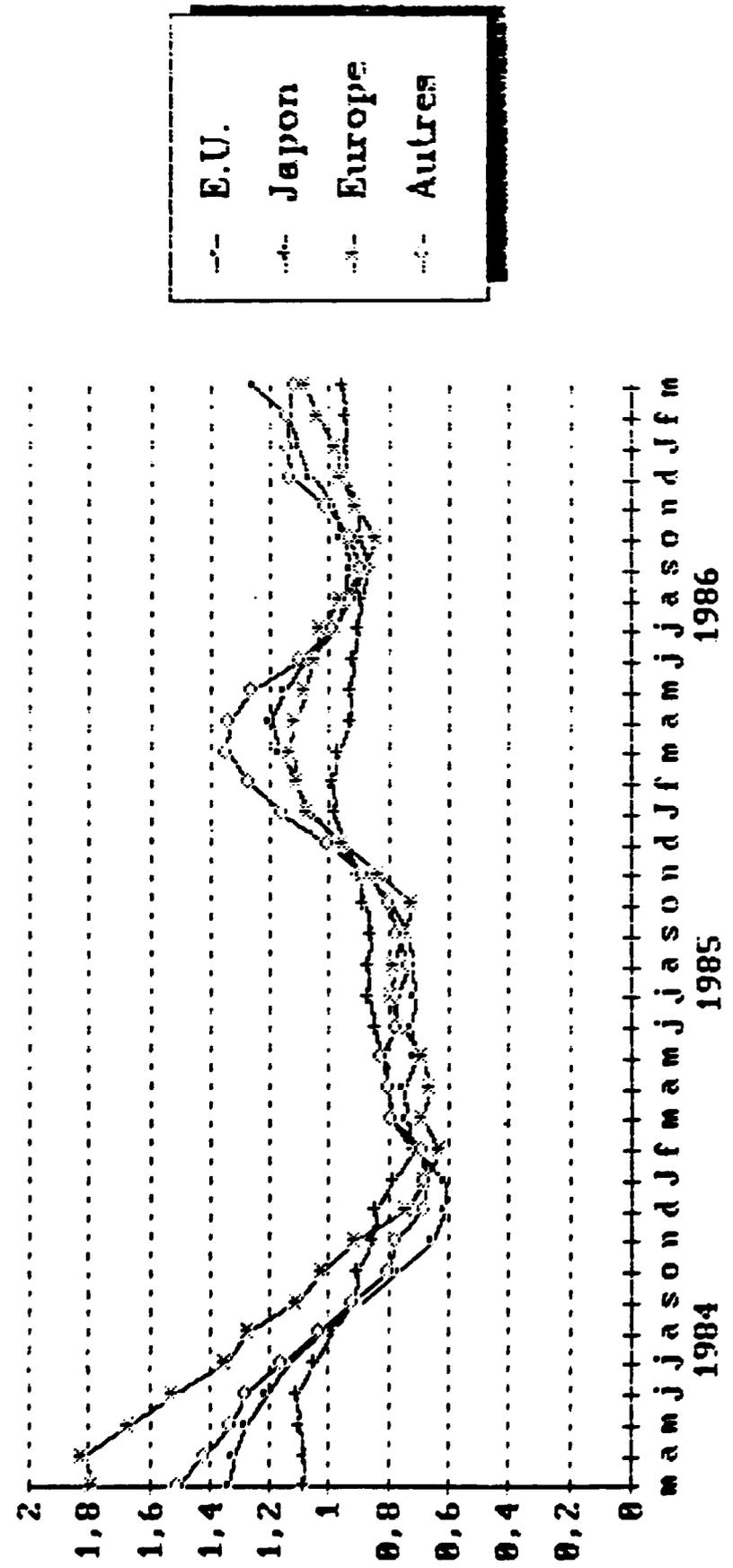


Ventilation géographique des marchés en 1988



Graphique 5-21

Book to bill ratio : circuits intégrés



Source : GERDIC

31. Le marché des circuits A.S.I.C. (Application Specific Integrated Circuits) constitue l'une des niches évoquées plus haut. Aux Etats-Unis, 30 % des nouvelles firmes de l'industrie des S.C. ont investi ce marché. Relativement marginal jusqu'en 1983 où il représentait 8,6 % du marché mondial des S.C., le marché des A.S.I.C. a désormais dépassé les 13 % ; il devrait atteindre un quart du marché mondial en 1992. Circuits à la demande ou pré-diffusés, les A.S.I.C. permettent de réduire sensiblement le coût de revient d'un composant en utilisant, par exemple, des fonctions standards déjà intégrées à la puce et des fonctions spécifiques demandées par le client. Plus d'une centaine de sociétés bataillent sur le marché mais, en 1986, neuf d'entre elles détenaient 70 % de celui-ci. *Les difficultés rencontrées par les producteurs sur les marchés des composants standards ont amené certains d'entre eux à pénétrer sur ce segment profitable. Dès lors, la compétition s'est durcie sur le marché et les baisses de prix se sont succédées* amenant une quinzaine de P.M.E. à se retirer du marché. Par conséquent, le développement et l'ingénierie des composants est devenu peu profitable et c'est désormais la fonderie qui permet aux producteurs de dégager des marges. Sur le marché des gate-arrays, les groupes japonais s'efforcent de maintenir les prix à la baisse pour multiplier leurs parts de marché. Seul 5 % du marché, qui se composent des produits haut de gamme, autorisent les compagnies à dégager des profits, mais la technologie sur ce segment de marché est très sophistiquée. Ainsi, la densité d'un A.S.I.C. haut de gamme est 25 fois supérieure à celle des autres A.S.I.C. Cela signifie que ces circuits à haute valeur ajoutée ont 100 000 portes quand les 95 % restant n'en ont que 4 000. Or, ce segment du marché est difficilement accessible aux P.M.E.

Tableau 5-9 : Les Perspectives du marché des composants A.S.I.C.

	1985	(%)	1987	(%)	1990	(%)	1992	(%)	(%)
*Gate Arrays	950	40,3%	2406,6	39,9%	4851,2	48,5%	7632,2	53,3%	26,6%
*CI Logiques Programmables	84	3,6%	416	6,9%	917,6	9,2%	1160,6	7,9%	22,6%
*TOTAL CI Semi-custom	1034	43,7%	2822,6	46,8%	5769	57,6%	8793	61,2%	26,1%
*CI Cell-based	235	10,0%	919,4	15,3%	2090,7	20,9%	3611,3	24,6%	31,5%
*CI Full-Custom	1029	46,2%	2287,0	37,9%	2146,1	21,5%	2087,6	14,2%	-1,6%
*TOTAL CI Custom	1324	56,1%	3207	53,2%	4236,6	42,4%	5698,7	36,6%	12,2%
*Grand Total ASIC	2358	100,0%	6030,0	100,0%	10005,6	100,0%	14491,7	100,0%	19,5%

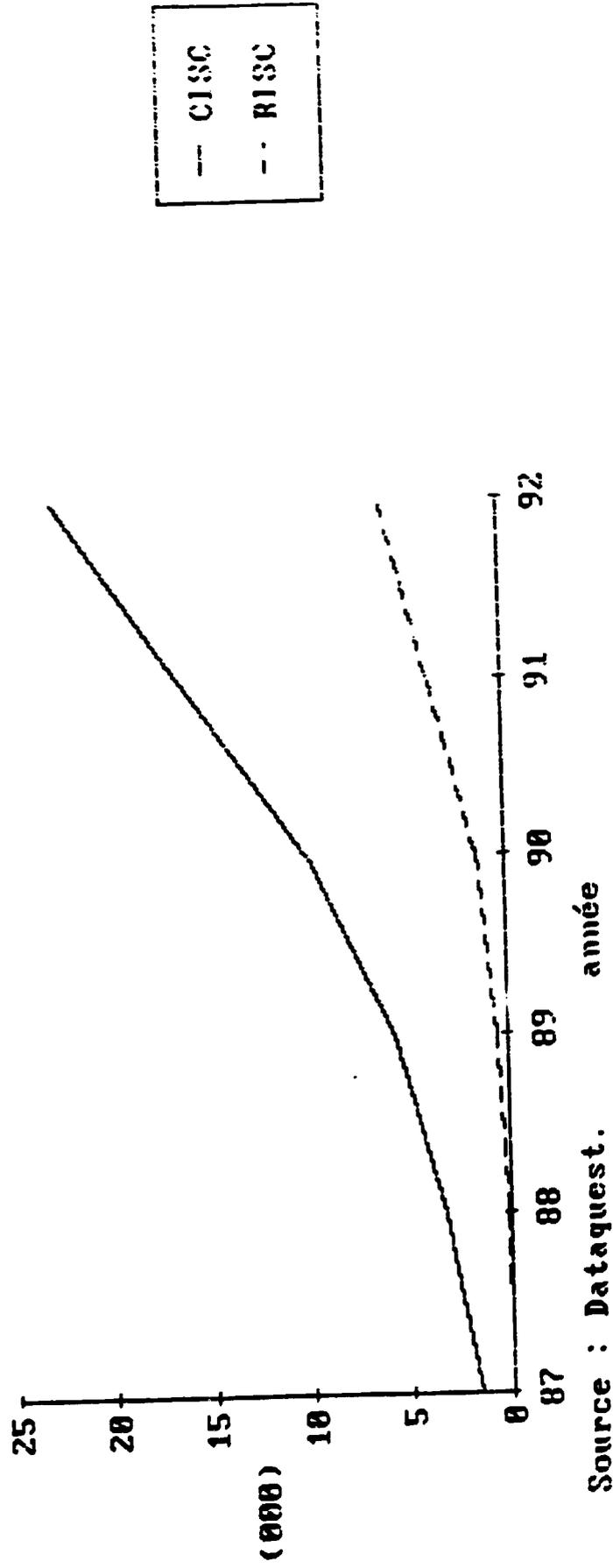
Source : GERDIC d'après Electronic Business et Datquest, 1986.

32. Le développement de la domotique va autoriser le développement du marché des semi-conducteurs "smart power" (S.M.). Ces circuits permettent de gérer simultanément le contrôle logique et la commutation de puissance. Ils peuvent trouver une application dans un grand nombre de produits depuis les imprimantes jusqu'à l'électro-ménager en passant par l'automobile. Ils couvrent une puissance variant de 1 à 1000 watts et peuvent contenir jusqu'à 400 portes de circuits logiques. Leur premier intérêt consiste dans la diminution du coût et de la taille des équipements auxquels ils sont incorporés. Un composant peut activer une lampe électrique ou vérifier, identifier un court-circuit, et couper l'arrivée d'énergie. Ainsi, un seul composant suffit entre le microprocesseur, qui gère le diagnostic effectué par la puce, et le moteur d'une voiture. Il permettrait de remplacer une cinquantaine de composants mécaniques ou discrets et autoriseraient, aussi, une diminution de la consommation. Une quarantaine de firmes fournissent le marché mondial qui est estimé à 180 M\$ en 1986 mais devrait atteindre 650 M\$ en 1991, soit une croissance annuelle de 29 %.

33. D'un degré de complexité plus élevé que les S.C., à mi-chemin entre la puce et le système, les microprocesseurs sont au coeur de la révolution technologique permanente qui bouleverse l'industrie électronique. Actuellement l'industrie se trouve à la croisée des chemins pour deux raisons. *D'abord, la norme est passée de 16-bit à 32-bit, ensuite, de nouvelles architectures sont envisagées notamment pour les processeurs vectoriels* (cf. 2). C'est en 1985 que la nouvelle génération de microprocesseurs a vu le jour avec le MOTOROLA 68020 ou le Intel 80386. Sur ce petit marché (450 millions de dollars en 1986), des géants se disputent la position dominante : MOTOROLA, NEC, INTEL et ZILOG. Le marché est assez exclusif car la technologie et les moyens de production sont hautement complexes. D'autre part, depuis 1987, de nouveaux producteurs comme Sun Microsystems ou Intergraph, ont défini un microprocesseur à l'aide d'un langage évolué. Ils ont ainsi construit des Reduced Instruction Set Computers (R.I.S.C.) qui s'opposent aux microprocesseurs traditionnels, les Complex Instruction Set Computers (C.I.S.C.). Dans le premier cas, le microprocesseur dispose d'un jeu d'instructions incorporées très limité et ce sont les logiciels qui proposent les fonctions peu fréquemment utilisées par l'opérateur. On obtient alors des microprocesseurs plus puissants et plus rapides qui trouvent tout naturellement leurs applications dans les stations de travail (60 %) ou dans l'informatique (15 %). Les perspectives du marché sont encourageantes et, selon Dataquest, il devrait représenter 20 % du marché des microprocesseurs 32-bit en 1992 (cf. graphique 5-28). Certains consultants, comme I.C.E., vont jusqu'à prédire qu'il atteindrait 35 % du marché total. Toutefois ce type de matériel exige de remodeler les logiciels qui deviennent plus importants, dévorant du même coup de la mémoire centrale. Il s'agit, donc, pour l'utilisateur d'un arbitrage entre la compabilité apportée par le microprocesseur C.I.S.C. ou la rapidité des R.I.S.C.

Graphique 5-22

L'évolution attendue du marché mondial des microprocesseurs 32-bit selon leur langage de programmation (en unités)



--- CISC
- - RISC

8 - Conclusion

34. Ce très rapide survol des sentiers technologiques de l'industrie électronique ne présente aucun caractère d'exhaustivité. Il révèle que dans de nombreux domaines, l'industrie est aujourd'hui soumise à des restructurations intenses dictées par la technologie. Un tel mouvement rend assez délicates les tentatives de prévision. Toutefois, nous avons regroupé en annexe A-8 celles faites par des consultants pour des segments de marché particulièrement dynamiques. Ces données ne font qu'amplifier le contraste perceptible à la vue de cette industrie, soumise à un incessant processus de destruction créatrice.

CHAPITRE VI

OBSTACLES ET POSSIBILITES D'ACTION POUR PROMOUVOIR LA PRODUCTION ELECTRONIQUE DANS LES TIERS-NATIONS

1. Participation trop restreinte à la production électronique mondiale

1. Bien que l'industrie électronique soit une industrie récente, cela fait déjà une quinzaine d'années que des Tiers-Nations sont des productrices et même des exportatrices de produits de l'industrie électronique. Le fait est remarquable car, alors qu'il avait fallu attendre cent-cinquante ans et les années d'après la seconde guerre mondiale pour que plusieurs pays non industrialisés deviennent exportateurs de produits textiles, ils y sont parvenus dans certains produits électroniques avec un décalage de temps beaucoup moins prononcé et même parfois, pour certains composants, avec moins d'une décennie d'écart. Aujourd'hui la plupart des pays d'Amérique Latine et d'Asie, ainsi que les pays d'Afrique du Nord, sont producteurs de biens électroniques; seuls les pays d'Afrique Subsaharienne forment un groupe important de non producteurs de bien électroniques. En fait, cette industrie jeune n'est pas un sanctuaire réservé aux pays les plus industrialisés et il paraît certainement possible de vérifier qu'à partir d'un seuil relativement faible du rapport de la valeur ajoutée manufacturière au Produit National Brut pratiquement tous les pays sont producteurs. La production électronique n'est donc pas impossible et chercher à la promouvoir tient à une considération relative: accroître une participation trop restreinte des Tiers-Nations à la production électronique mondiale.

1.1 Délocalisation multinationale vers les bas salaires: emplois et devises

1.1.1. La Nouvelle Division Internationale du travail

2. Au cours des années soixante-dix, les analystes ont cru percevoir une dynamique durable de délocalisation. La crise dans les pays du Nord se traduisant par une baisse de rentabilité du capital, les firmes les plus importantes, multinationales, délocaliseraient, massivement, leurs productions pour aller s'installer dans les pays du Sud à bas salaires, afin d'aller y réaliser des profits sur des produits ensuite réexportés vers les pays du Nord. Une nouvelle division internationale du travail se mettait ainsi en place selon F. GROEBEL (1977), et principalement illustrée par ce qui était observé dans le textile et l'électronique. Ce schéma accordait aux firmes multinationales un rôle dominant pour exploiter à leur profit les revenus (et les marchés) du Nord, les bas salaires du Sud ne laissant aucun espace de liberté ni au Nord, ni au Sud.

1.1.2. Les installations "off-shore" des firmes multinationales

3. Les bas salaires permettaient à des firmes de réduire leurs coûts dans des proportions considérables, puisque les salaires étaient à des niveaux n'atteignant pas 10 % de celui prévalant sur leur territoire habituel d'implantation; confrontées à des problèmes de rentabilité, on comprend qu'elles examinent la solution immédiate qui leur est proposée: fermer leur usine pour aller en implanter une plus loin, au large, mais dans des pays calmes, sans grève ni agitation syndicale. C'est ainsi que se sont multipliées des installations dites off-shore, particulièrement bien sûr dans les industries fortement intensives en travail.

C'était le cas de l'industrie électronique, et particulièrement dans les semi-conducteurs : «*En 1976, par exemple, les éléments à semi-conducteurs exigeaient 54 hommes-années de travail par million de dollars de produit, soit la plus forte intensité de main-d'oeuvre de toutes les industries nord-américaines à l'exception de la poterie, la dentelle et les ustensiles de cuisine*» (J.L. PERRAULT, R. FROUVILLE, 1986).

4. Dans l'électronique, la première implantation "off-shore" a été celle de Fairchild, en 1962, à Hong-Kong (cf chapitre III, 1.1.). Il y avait 47 établissements américains off-shore en activité en 1974. Les Japonais ont commencé par des accords de sous-traitance avec des firmes indépendantes en Corée et à Hongkong au début des années 70. Selon nos évaluations, pour 1985, dans l'emploi total des firmes américaines de semi-conducteurs, plus d'un tiers des emplois se trouve "off-shore" ; cette proportion atteint même plus de la moitié pour les emplois ouvriers. De la même manière, plus du cinquième des salariés des firmes électroniques japonaises se trouve employé hors des frontières (ceci inclut certes les filiales implantées au Etats-Unis et en Europe). Le mouvement très marqué par les firmes vers les installations off-shore ne leur est cependant pas totalement propre : il résulte en partie de mesures publiques tant de la part des pays industrialisés que des Tiers-Nations.

1.1.3. Les incitations publiques : zones franches d'exportation et tarifs spéciaux d'importation

5. Aux Etats-Unis, les relations avec le Mexique sont à l'origine de la création d'une zone de production sous douane en territoire mexicain, à la frontière, où les entreprises appelées "maquiladoras" ont transformé et réexporté des produits nord-américains. Un programme dit Bracero permettait, jusqu'au début des années soixante aux Etats-Unis, de faire appel à la main-d'oeuvre mexicaine pour les exploitations agricoles du Sud du pays. L'arrêt de ce programme posait un délicat problème frontalier, de passages clandestins très nombreux et d'emplois non déclarés aux Etats-Unis. La solution consistait à régler en partie le problème d'emploi des Mexicains en offrant une main-d'oeuvre industrielle non immigrée aux firmes américaines et donc une main-d'oeuvre qui pouvait être payée, sans infractions, au niveau salarial mexicain, soit une rémunération de l'ordre du dixième de la rémunération aux Etats-Unis. Les deux puissances publiques y trouvaient avantage et bon nombre de maquiladoras se sont installées à la fin des années soixante et travaillaient dans le textile et l'habillement ; elles étaient détenues pour au moins 50 % par des capitaux mexicains (jusqu'en 1973). La forte croissance de l'industrie électronique a amené l'utilisation de cette zone d'activités pour certaines étapes du processus de production, par exemple l'assemblage des composants ou celui des téléviseurs afin de faire face à la concurrence japonaise. Cela était facilité, et par la réglementation mexicaine de la zone, et par le régime douanier nord-américain (tarifs 806/807) qui ne taxe que les valeurs ajoutées à l'étranger sur les produits d'origine nord-américaine. La zone mexicaine de production et d'exportation sous douane était elle-même copiée des zones d'Asie du Sud-Est déjà utilisées par les firmes américaines et japonaises.

6. Dans le domaine des semi-conducteurs (cf tableau VI-1), trois quarts des importations nord-américaines passent par le tarif 806/807. Ce tarif est à l'origine de la production électronique de bien des pays du Tiers-Monde concurrents sur le marché américain des semi-conducteurs. La part du Mexique, qui était de 28 % en 1971, est tombée à 5 % en 1978, année où la part de la Malaisie est cette fois de 30 %, celle de Singapour de 20 %, de la Corée de 15 %, les Philippines apparaissant avec 8 %. En 1982, le Mexique et la Malaisie ont gardé le même niveau, les Philippines atteignent 18 % tandis que la Corée et Singapour reculent (10 % et 17 % respectivement). Compte tenu de la très forte croissance du montant des importations, celui en provenance du Mexique par exemple, même si sa part du total est réduite, n'a pas chuté : de 36 millions de dollars en 1971, il atteint 72 millions en 1978 et 185 millions de dollars en 1982. Toutefois, il faudrait faire une analyse beaucoup plus détaillée afin d'évaluer le profit retiré par chacun des pays du Sud participant à ces zones. Le Mexique n'a pratiquement pas d'autres exportations électroniques hormis celles transitant par ces zones et pour le reste de son industrie, la domination des firmes multinationales nord-américaines est cependant patente. C'est aussi le cas, semble-t-il, à Singapour, en Malaisie ou à Taïwan où le pourcentage des emplois dans l'industrie électronique imputable aux filiales de firmes américaines ou japonaises est respectivement de 90 %, 63 % et 45 %. Ainsi, les stratégies des firmes semblent avoir été bien accompagnées par les incitations des tarifs et des zones franches.

Tableau VI-1 - LES ECHANGES NORD-AMERICAINS DE SEMI-CONDUCTEURS ET LES TARIFS 806.3 ET 807.00 (1966-1983)

1.1. : Evolution globale (1966-1983)

Year	807 imports (millions of dollars)	806/807 imports (millions of dollars)	Total U.S imports (millions of dollars)	806/807 imports as percent of total ^b	806/807 imports (millions of 1967 dollars)	Percent increase in 806/807 imports in 1967 dollars	Price index of SCDs
1966	31	n.a.	50	62	n.a.	n.a.	n.a.
1967	36	n.a.	50	72	n.a.	n.a.	100.0
1968	67	n.a.	86	78	n.a.	n.a.	96.5
1969	106	127	134	95	130	n.a.	96.6
1970	127	160	168	95	167	28	95.7
1971	130	178	187	95	190	14	93.6
1972	162	254	329	77	277	46	91.8
1973	223	413	611	68	- ^c	61	92.4
1974	306	684	953	72	688	54	99.4
1975	312	617	802	77	605	-12	102.0
1976	556	879	1,098	80	909	50	96.7
1977	864	1,120	1,358	82	1,231	35	91.0
1978	1,329	1,478	1,775	83	1,733	41	85.3
1979	1,852	1,916	2,427	79	2,267	31	84.8
1980	2,451	2,506	3,326	75	2,763	22	90.7
1981	2,798	2,825	3,553	80	3,111	13	90.8
1982	3,106	3,131	4,128	76	3,510	13	89.2
1983	3,368	3,383	4,881	69	3,726	6	90.8

Note : Les données anciennes sont celles que les douanes ont révisées ultérieurement

n.a. : non disponible

b : 807 seulement pour 1966-1968

Le calcul en dollars 1967 a été effectué en utilisant l'indice des prix des semi-conducteurs.

VI-1.2. Evolution des parts de marché des différents pays pour les tarifs 807 et 806.30^a

Region and country	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Western Hemisphere	25	26	30	27	20	24	20	15	11	10	10	11	11	11	14
Canada	2	1	2	•	1	•	•	•	•	•	3	4	4	2	4
Mexico	22	26	28	21	19	20	18	11	6	5	5	5	5	5	5
El Salvador	0	0	0	0	0	•	1	3	3	3	2	2	2	2	2
Haiti	0	0	0	•	•	1	•	•	1	1	•	•	•	•	•
Barbados	•	0	•	0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2	3
Netherlands Antilles	1	•	1	•	1	•	•	•	0	0	0	0	0	0	•
Brazil	0	•	•	0	0	•	1	1	1	1	•	•	•	•	•
Western Europe	14	15	15	11	7	4	2	2	1	•	1	•	•	•	•
United Kingdom	•	•	6	2	0	0	0	0	•	0	0	•	•	•	•
Ireland	12	11	4	7	4	3	2	2	1	•	1	•	•	•	•
Portugal	2	4	5	4	3	1	•	•	•	•	0	0	0	0	0
Asia	61	56	55	67	72	70	76	82	87	88	87	88	87	89	85
Hong Kong	30	25	18	17	15	12	9	9	7	6	4	4	3	3	1
Korea	14	13	17	18	17	16	13	17	19	15	12	9	8	10	14
Taiwan	9	5	7	7	9	9	6	6	8	5	4	4	4	4	4
Singapore	6	10	13	25	24	16	20	23	21	20	20	22	20	17	11
Malaysia	•	•	•	•	6	15	23	21	24	30	29	30	30	32	31
Japan	2	3	•	•	•	•	1	•	•	•	4	•	•	•	•
Thailand	0	0	0	0	0	•	0	•	1	3	2	3	4	3	4
Indonesia	0	•	•	0	0	•	•	•	1	1	2	2	2	2	2
Philippines	0	0	0	0	1	2	4	6	6	8	10	14	16	18	18

a : 807 seulement pour 1969-71

• : moins de 1 %

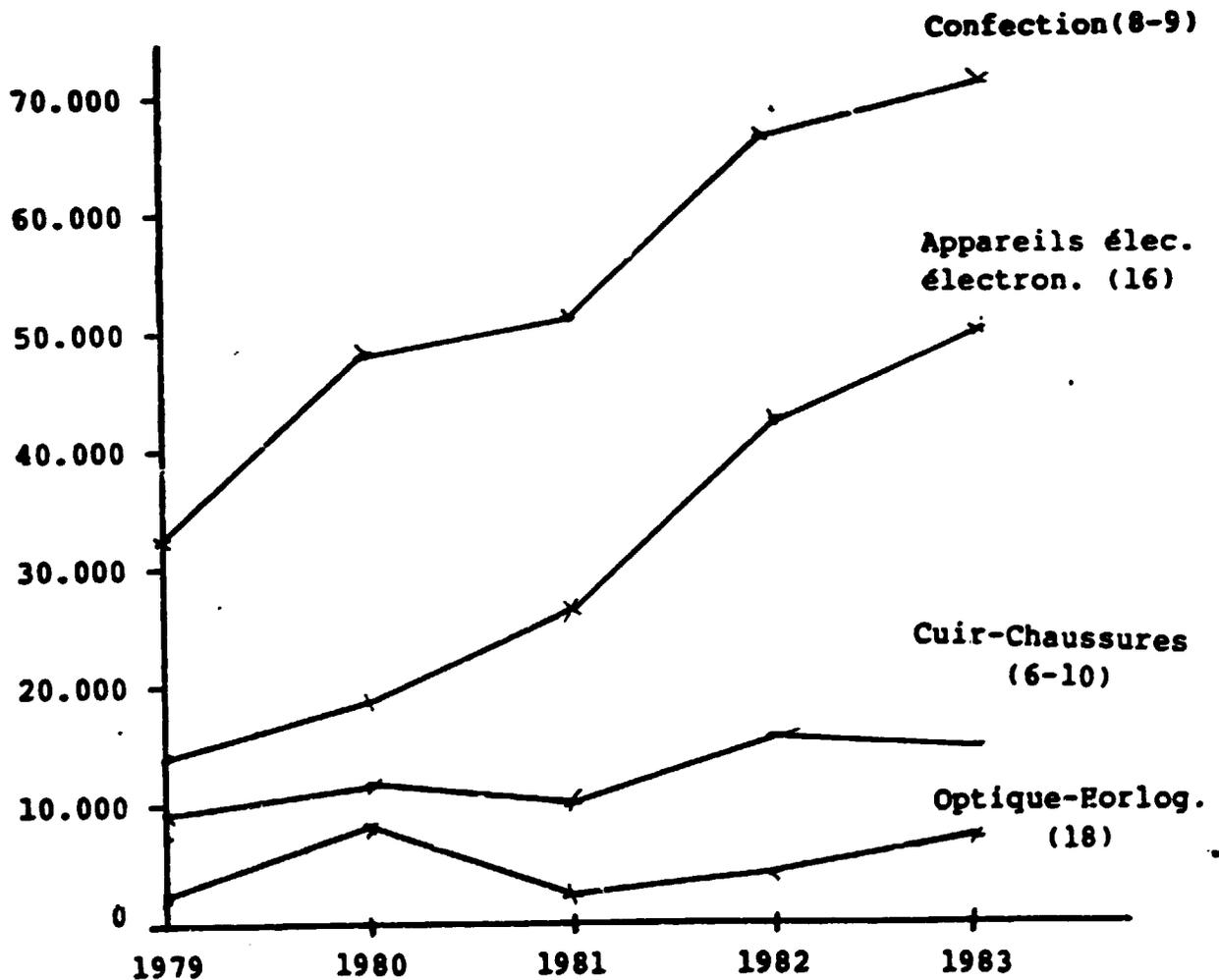
Données extraites de J. GRUNWALD et K. FLAMM, The Brookings Institution, Washington, p. 74-75 (1985).

7. Le mouvement de délocalisation des firmes multinationales a surtout concerné les Etats-Unis, le Japon et une vingtaine de pays du Sud. L'Europe n'est pas véritablement absente et, dans le cadre de la C.E.E., a été mis en place un tarif de perfectionnement passif similaire au système nord-américain, même s'il est porteur d'un dégrévement douanier moins fort (cf BERTHOMIEU, 1985). Toutefois, ce système est beaucoup moins utilisé qu'aux Etats-Unis. Seulement 13 % pour la France, 22 % pour la R.F.A., des importations en provenance des P.V.D. suivent ce tarif. La France et la R.F.A. en particulier pratiquent pour peu de produits et de pays ce type d'échange, toutefois les appareils électriques et électroniques y occupent une place relativement importante (cf tableau VI-2). Pour les pays d'Asie du Sud-Est, ces courants de perfectionnement passif ne représentent qu'une part très faible de leurs exportations vers la France (moins de 5 %), y compris pour les Philippines (5,12 %), même si dans l'électronique ce pourcentage est élevé (34 % ; voir tableau VI-3). Ces parts sont un peu plus fortes vers l'Allemagne mais restent modestes (moins de 8 %, sauf pour Singapour, pour lequel plus de 17 % des exportations totales vers le R.F.A. sont au titre du perfectionnement passif). Le tableau VI-3 présente l'ensemble de ces données et permet également d'apprécier la position globale de la balance commerciale de la France et de la R.F.A. vis-à-vis de ces pays. Si pour le Maroc et la Tunisie, qui représentent plus de la moitié des importations françaises de perfectionnement dans ce domaine, les exportations françaises sont plus du sextuples des importations totales en provenance de ces pays, il n'en est pas de même vis-à-vis des pays d'Asie. Vis-à-vis de ce groupe de pays, les importations françaises totales sont trois fois plus importantes que les exportations. La situation de la R.F.A. est du même type : elle a des importations considérables vers le Mexique et le Brésil au regard des importations réalisées, mais importe au total deux fois plus des pays d'Asie qu'elle n'exporte. Il subsiste cependant une différence : l'Allemagne importe d'Asie trois fois plus, dans ce domaine, au titre du perfectionnement passif, que la France et pour l'ensemble des échanges du secteur, exporte quatre fois plus que la France. Bien évidemment, ces positions respectives, et plus globalement celles de l'Europe, au regard des positions nord-américaines et japonaises, résultent de deux facteurs intimement liés : la place de ces Etats et de leurs firmes dans la dynamique du champ d'activité et le degré d'engagement des uns et des autres dans les pays concernées du Sud.

8. Globalement, on peut néanmoins considérer qu'un mouvement de redéploiement international a été au cours des années soixante-dix l'une des sources de la participation non négligeable d'un certain nombre de Tiers-Nations à la production électronique mondiale.

Tableau VI-2 : EVOLUTION DES IMPORTATIONS APRES PERFECTIONNEMENT PASSIF DE LA FRANCE EN PROVENANCE DES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

milliers d'U.C.E.



Source : C. PERTHOMIEU (1985, op. cit., p. 147).

TABLEAU VI.3 : ECHANGES D'APPAREILS ELECTRIQUES ET ELECTRONIQUES APRES PERFECTIONNEMENT PASSIF EN 1983 - FRANCE ET R.F.A.

PAYS PARTENAIRES	FRANCE				R.F.A.			
	Importations au titre du perfectionnement passif		Echanges totaux		Importations au titre du perfectionnement passif		Echanges totaux	
	Montants milliers d'ECU	En % de (1)	Importations (1)	Exportations	Montants milliers d'ECU	En % de (2)	Importations (2)	Exportations
Afrique								
MAROC	16 735	81,79	20 461	79 784				
TUNISIE	9 836	73,25	13 428	125 304				
EGYPTE	16	2,94	566	100 000				
AFRIQUE DU SUD					24	7,14	336	272 000
Amérique								
MEXIQUE					707	33,10	2 136	55 714
BRESIL					6 264	40,61	15 425	102 553
Asie								
THAILANDE	4 290	81,43	5 276	8 831				
MALAISIE	344	1,01	34 059	55 000	34 049	24,22	144 298	130 255
SINGAPOUR	5 139	3,74	137 406	35 027	60 902	31,19	195 261	119 159
PHILIPPINES	7 100	33,59	21 137	25 226	29 141	74,12	39 316	87 535
CORÉE DU SUD	265	0,92	28 804	4 444	1 888	2,21	85 430	50 000
TAIWAN	5 264	12,95	43 420	19 820	52 347	25,99	201 412	43 447
HONGKONG	3	0,01	30 000	14 986	2 632	1,62	162 469	53 097
TOTAL	49 654				188 856			

Source : Calculs d'après BERTHOUMIEU (1985).

Les échanges totaux ne sont mentionnés que lorsqu'existe un courant d'importation au titre du perfectionnement passif.

1.2. Intensification du recours aux produits électroniques : acheter ou fabriquer ?

1.2.1. Une consommation spontanément croissante d'électronique dévoreuse de devises

9. On peut noter en particulier dans trois domaines précis une consommation croissante de biens électroniques qui, lorsqu'il n'y a pas de production locale, sont donc importés et deviennent très rapidement d'un poids considérable sur la balance des paiements. Il s'agit des téléviseurs, des télécommunications et des ordinateurs. Les pays disposant d'un marché intérieur non-négligeable et croissant sont donc amenés à se poser la question : faut-il acheter et se contenter d'être utilisateur ou n'y a-t-il pas lieu de produire ?

10. Si dans les années cinquante le phénomène télévision et, plus largement, celui des télécommunications par diffusion ou interactive (pour le téléphone) restent relativement limités, y compris dans les pays industrialisés, ils se sont depuis largement planétarisés. Peu à peu tous les pays du globe ont mis en place un système de télédiffusion aujourd'hui bien souvent connecté en direct ou en différé avec des émissions internationales, tandis que des centraux téléphoniques automatiques ont été installés dans toutes les capitales et les grandes villes du monde entier, avec lesquelles il est possible de converser en direct. En 1950, la télévision est rare, même dans les pays industrialisés ; à l'heure des événements mondiaux et des retransmissions par satellites, de la possibilité d'échapper aux exigences coûteuses des réseaux hertziens, l'équipement en téléviseur peut être généralisé à des niveaux de revenus réels plus bas, d'autant plus que les prix des téléviseurs ont même considérablement baissé. Le tableau VI-4 nous montre la progression très forte du taux d'équipement pour toutes les grandes zones du monde entre 1965 et 1982, ainsi que des données particulières pour quelques pays. Notons par exemple que pour l'Amérique du Sud, le taux est passé de 19 téléviseurs pour 1 000 habitants en 1965, à 203 téléviseurs en 1987. Une proportion élevée de ces téléviseurs a été, si ce n'est entièrement, fabriquée, tout au moins montée dans les pays d'Amérique du Sud.

11. La télévision, mais aussi les radio-cassettes, les montres digitales, les calculettes, les jeux et même la hifi et les magnétoscopes, déferlent partout dès que les domaines s'entrouvent, la contrebande ou la fraude est elle-même en général très significative. Dans tous les pays où une proportion non négligeable de la population peut se nourrir, on observe une frénésie de consommation d'électronique de loisir. Cela a permis dans le passé quelques photos qui furent spectaculaires, mais qui ne le sont plus aujourd'hui, de suréquipements de téléviseurs dans certains bidonvilles. Bien rares sont les pays qui résistent encore aujourd'hui au passage de la télévision noir et blanc à la couleur.

**Tableau VI-4 : EVOLUTION DU TAUX D'EQUIPEMENT EN TELEVISEURS
(pour 1 000 habitants)**

	1965	1975	1982
Afrique	1,5	6	17
Amérique du Nord	254	408	458
U.S.A.	370	581	652
Canada	279	408	471
Mexique	28	87	111
Amérique du Sud	19	66	203
Asie	10	16	53
Japon	180	238	818
Chine	0	1	6
Inde	0	0,5	3
Corée (Sud)	1	36	120
Europe	126	293	428
Est	86	202	237
Ouest	138	319	486
Océanie	136	254	302
U.R.S.S.	80	264	368

Source : Annuaire statistique de l'UNESCO, New-York, 1984 (cf. Annexe C).

12. Si les consommations d'électronique grand public sont le fait des personnes privées, les pouvoirs publics peuvent évidemment en limiter la croissance par des restrictions aux importations et des droits de douane. Toutefois, comme ils disposent dans la plupart des cas du monopole de la télédiffusion, dès qu'ils installent un système (dans la capitale en général) ils s'engagent dans un processus d'accès progressif du plus grand nombre à l'écoute de ces émissions. Les pouvoirs publics y sont en outre incités par le fait que l'on reconnaît en général à la télévision d'être non seulement un outil d'information et de communication mais aussi de conviction dont les gouvernements aiment à se servir pour maintenir ou renforcer leur autorité sur les peuples.

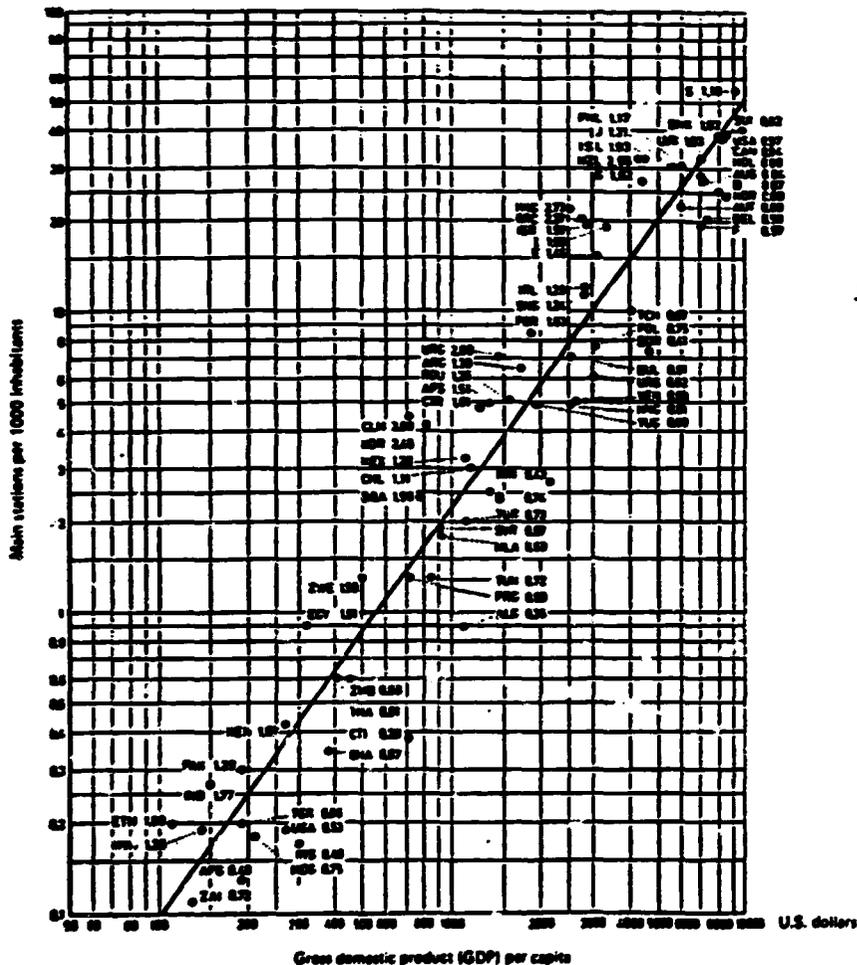
1. C'est aussi des raisons d'ordre général et non pas de satisfaction individuelle qui incitent les pouvoirs publics d'un pays à le doter d'une infrastructure de télécommunications reliée au reste du monde. Cela semble pouvoir renforcer l'unité nationale, quelquefois encore mal soudée, que de permettre une communication interpersonnelle entre les différents points du territoire. En outre, cela facilite également le fonctionnement des affaires et plus généralement de l'économie. Que ce réseau soit rattaché à une infrastructure régionale apparaît en général comme une option politique nécessaire,

tandis que les impératifs économiques plaident pour le raccordement au réseau international par les moyens les plus efficaces : le satellite. Si les installations terrestres restent relativement coûteuses, les liaisons satellites deviennent au contraire toujours meilleur marché. Plus les pays sont vastes et plus ces besoins de télécommunications se font sentir tout en étant plus coûteux. Il sont satisfaits par des systèmes d'électronique industrielle de plus en plus complexes. Le choix de s'équiper amène souvent à importer et même dans de très nombreux cas à faire appel à une entreprise étrangère pour organiser les services de télécommunications.

14. Le besoin de télécommuniquer semble croître jusqu'ici au rythme du produit par habitant (cf tableau VI-5), toutefois les progrès techniques intensifient ce besoin, comme pour la télévision, et la plupart des pays non industrialisés ont lancé des plans d'équipement très ambitieux. Ceci ouvre des perspectives de marché pour les équipements de télécommunications et les terminaux d'abonnés extrêmement importants dans les pays du Tiers-Monde.

15. L'administration publique avisée exige depuis la nuit des temps des recensements, c'est-à-dire le traitement de données simples ; l'évolution des exigences de la gestion administrative, y compris la mise en place de "stratégies", sont encore bien plus dévoreuses d'informations à traiter, aussi de l'administration politique à l'administration économique et sociale, l'Etat, partout dans le monde, s'informatise, recourt à cette électronique d'infrastructure afin de s'affirmer et d'affirmer l'autonomie nationale. Les administrations du Tiers-Monde n'échappent pas à la règle et se trouvent même incitées à l'informatisation. En effet, les organisations internationales veulent obtenir de chacun des pays du Sud des informations nombreuses et sûres pour rationaliser leurs actions, en particulier en faveur du développement économique et social. A cette fin, elles poussent à "l'informatisation", offrant même des missions d'experts et diverses facilités pour que les administrations publiques locales disposent d'ordinateurs afin de procéder au traitement des données des recensements démographiques, agricoles, industriels, de santé, etc. Le F.M.I. et la CNUCED se sont particulièrement intéressés à favoriser la saisie et la gestion informatique des statistiques douanières et fiscales. La CNUCED a mis au point dans ce but le système ASYCUDA (cf tableau VI-6). Les organisations des Nations-Unies et l'I.B.I. (Intergovernmental Bureau for Informatics) offrent une assistance technique pour développer l'emploi de l'informatique dans les administrations.

Tableau VI-5 : RELATION ENTRE LE NOMBRE DE TELEPHONE PAR HABITANT (POUR 1 000) ET LE P.N.B. PAR HABITANT (EN DOLLAR) POUR 1978



Source : "The Telecommunication industry...", 1987, op. cit., Chap.I, Tableau 13, p. 157-158.

Légende des pays :

AFG	Afghanistan	ISN	Israel
AGO	Angola	JAM	Jamaica
ALB	Albania	JOR	Jordan
AND	Andorra	KHM	Kampuchea
ARG	Argentina	KEN	Kenya
AUS	Australia	KOR	Republic of Korea
AUT	Austria	KWT	Kuwait
BEL	Belgium	LBY	Libyan Arab Jamahiriya
BEN	Benin	LUX	Luxembourg
BGR	Bulgaria	MAR	Morocco
BHU	Bhutan	MEX	Mexico
BOL	Bolivia	MID	Malaysia
BRA	Brazil	MNE	Montenegro
BUR	Burma	MUS	Moldavia
CAF	Cote d'Ivoire	NLD	Netherlands
CAN	Canada	NOR	Norway
CHE	Switzerland	OMN	Oman
CHL	Chile	PAN	Panama
CHN	China	PER	Peru
CYP	Cyprus	POL	Poland
CZE	Czech Republic	PRT	Portugal
DEN	Denmark	ROU	Romania
DOM	Dominican Republic	RUS	Russia
DZA	Algeria	SAR	Saudi Arabia
ECU	Ecuador	SEN	Senegal
EGY	Egypt	SGP	Singapore
ESP	Spain	SLV	El Salvador
ETH	Ethiopia	SRB	Serbia
FIN	Finland	THA	Thailand
FRA	France	TUR	Turkey
GBR	Great Britain	UGA	Uganda
GER	Germany	URY	Uruguay
GRC	Greece	USA	United States
HUN	Hungary	VEN	Venezuela
IND	India	YUG	Yugoslavia
IND	Indonesia	ZAF	South Africa
IRL	Ireland	ZMB	Zambia
IRN	Iran	ZWE	Zimbabwe
IRQ	Iraq		
ISL	Iceland		

Tableau VI.4 : TABLEUR ASYCUDA DE LA CNUCED

Le Système automatique de saisie, de contrôle et de gestion des données douaniers (ASYCUDA) a été créé et mis au point par des experts de la CNUCED pour être utilisé de différentes manières dans un bureau des douanes ainsi qu'aux services douaniers centraux. Le système fonctionne sur un micro-ordinateur capable de recevoir des extensions, notamment pour ce qui concerne la mémoire et le nombre de postes de travail et de communication. Il peut fonctionner de façon automatique ou sous le contrôle d'un ordinateur central.

Récemment, le logiciel ASYCUDA a été adapté par des experts de la CNUCED/CEAO pour assurer, à partir des codifications et des documents douaniers normalisés, la collecte, la saisie et le contrôle des informations dont ont besoin les pays membres de la CEAO pour calculer les compensations et établir des statistiques commerciales. Les droits de douane perçus sur les échanges au sein de la CEAO alimentent un fonds commun destiné à indemniser les pays importateurs qui ont négocié des droits inférieurs sur des marchandises, et cela pour les deux tiers de la différence entre ces taux inférieurs et les taux pleins.

Compte tenu des obligations mutuelles des membres de la communauté, le système peut traiter toutes les données nationales, selon les exigences de chaque pays. Le système assure aussi une homogénéité des informations, de sorte que la communauté elle-même et ses pays membres individuels puissent être assurés de l'exactitude et de l'authenticité des données collectées. Sa flexibilité permet aussi la mise en place de procédures spécifiques à la demande de la communauté.

Sources : Finances et Développement, septembre 1985, p. 47.

16. Comme dans le cas du système ASYCUDA, les projets d'informatisation passent aujourd'hui par les micro-ordinateurs. Selon le Bureau de Statistique des Nations Unies, le micro-ordinateur est de plus en plus utilisé comme outil proposé aux gouvernements afin de les aider à mettre sur pied et à traiter leurs recensements et cet outil donne satisfaction (déclaration de G. SADOWSKY à R. LAWSON, Haute Technologie et Tiers-Monde, Forum du Développement, octobre 1985, p. 8).

17. En dépit de la nécessité d'équipements annexes en zone tropicale, ou quand la distribution d'électricité est de qualité imparfaite, des micro-ordinateurs constituent en effet un matériel bien moins coûteux et surtout beaucoup plus robuste que les ordinateurs

généraux. Ces qualités lui permettent de proliférer non seulement dans les administrations publiques mais aussi dans le secteur privé pour la gestion commerciale ou comptable. Là encore, c'est un poste de dépense qui s'est accru considérablement partout où les importations ont été possibles, surtout depuis l'essor au niveau mondial du standard IBM-PC ou compatibles.

18. Electronique grand public avec les téléviseurs, équipements pour la téléphonie, équipements informatiques et principalement micro-ordinateurs constituent ainsi trois postes de consommation en très forte croissance et qui peuvent amener de très fortes hémorragies de devises s'il n'est pas possible de produire localement.

19. En outre, face à la question de savoir s'il faut acheter ou fabriquer, on doit se demander s'il est effectivement possible d'être un bon utilisateur sans produire. La question n'est pas cruciale pour l'électronique grand public, tout au moins jusqu'à maintenant où son produit pilote, le téléviseur, pouvait encore être réparé par des techniciens qui importaient et remplaçaient les composants défectueux. On peut presque dire la même chose aujourd'hui des micro-ordinateurs. Mais il en est tout autrement pour les équipements de télécommunications et pour les moyens et grands systèmes informatiques.

20. En matière plus générale d'équipements informatiques, le problème d'un bon usage est beaucoup plus délicat. Pour les équipements généraux, il y a une sous-utilisation extrêmement fréquente et une maintenance très insuffisante qui fait que nombre d'ordinateurs restent très longtemps sans fonction et principalement dans les administrations et les universités. Au sein d'une administration centrale, il n'est pas rare de voir de multiples équipements disparates qui rendent difficiles tout effort de rationalisation de la maintenance. De nombreux pays ont cependant tenté d'y parvenir, y compris au niveau régional, par exemple en Amérique Latine qui a tenu en 1970 la première conférence latino-américaine des autorités gouvernementales de l'informatique (LALAI). Il s'agit de mener pour le moins une politique d'achat cohérente et d'harmonisation des services. L'avenir des immeubles intelligents dans l'administration ne fera que renforcer la question de la dépendance de l'administration vis-à-vis d'un système informatique étranger privé. Dans la mesure où produire est extrêmement difficile, les solutions modulaires avec un fonctionnement déconnectable d'un ordinateur central et d'utilisation locale d'un grand nombre de micro-ordinateurs constituent une situation sous-optimale sur le plan de la souveraineté et de la sécurité. Elle renforce en outre l'incitation à promouvoir la fabrication des micro-ordinateurs.

21. Que l'on fabrique ou non, l'activité d'utilisation ne saura être entreprise de façon satisfaisante sans la détention d'un savoir technique et industriel minimal. En l'absence d'activités productives, ce savoir n'est disponible que de manière académique ou par des expatriés. Il importe évidemment de regrouper quelques-uns de ses détenteurs afin de mettre en place une structure propre d'évaluation qui pourra éclairer les décisions à prendre, même si c'est après des rapports d'organisations internationales d'assistance technique ou des sociétés privées de consultation.

22. Même dans certains pays, où des savoirs techniques très avancés existent, on peut rencontrer des problèmes si les décideurs publics n'organisent pas leurs achats de manière complètement rationnelle. C.J. HAMELINK rapporte (1987) un cas dans les télécommunications. En général, les marchés en cause sont extrêmement importants et les administrations procèdent par appel d'offres international et font travailler des équipes de consultants sur les réponses. Selon lui, on ne peut comprendre pourquoi de telles conditions ont pu amener le Mexique à confier à Hughes l'exécution du projet de satellite MORELOS qui s'est révélé manifestement très incomplet, puisqu'en particulier tout ce qui concernait les stations terriennes n'avait été ni prévu, ni évidemment étudié. Que ce diagnostic soit discutable ou pas, l'enseignement qu'il faut en tirer est la nécessité de consultations méticuleuses et l'absolue nécessité d'associer aux décideurs politiques des experts compétents ainsi qu'une explication claire ultérieure des choix techniques et économiques avec leurs implications.

23. La mise en place d'une infrastructure de télécommunications ne peut souffrir de pannes déjà difficilement supportables pour des équipements informatiques isolés. En conséquence, les achats de centraux et autres équipements de télécommunications doivent s'accompagner de services de maintenance et dans la mesure du possible, ce qui est le cas général, de la formation d'un personnel local. Dans les pays disposant d'un potentiel suffisant, un plan important d'équipement peut s'accompagner de la création d'une filiale ou d'une entreprises conjointe pour monter et installer les différents systèmes. Pour les pays où l'échelle prévue pour l'équipement est particulièrement vaste, et qui disposent déjà d'un potentiel technico-industriel national important, une production locale d'un certain nombre de composants peut être envisagée. Ainsi, l'ampleur du marché intérieur des télécommunications peut faciliter l'essor de la production électronique. La maintenance et donc le bon usage des équipements en seront évidemment facilités.

1.2.2. Une volonté émergente de transformation technologique à l'aide de l'électronique

24. D'un côté, les pouvoirs publics se trouvent confrontés à des dépenses croissantes, qui pèsent sur la balance des paiements et qu'il faut donc rationaliser pour cette raison et aussi pour en tirer le meilleur parti, et éventuellement auxquelles on aimerait substituer les productions au moins locales de montage pour réduire les sorties de devises. D'un autre côté, les gouvernements peuvent aussi se trouver des raisons de promouvoir l'utilisation de l'électronique afin de réussir une transformation technologique favorable, voire indispensable à l'industrialisation.

25. Dès le milieu des années soixante-dix, la CNUCED (1978) considère que l'électronique constitue une technique indispensable à toute stratégie d'industrialisation. Le B.I.T. se saisit également du problème en dépassant un peu la seule question de l'emploi (J. RADA, 1980) et l'ONUDI commence à s'intéresser aux problèmes que pose l'essor de l'électronique aux processus d'industrialisation (ONUDI, 1981).

26. Il s'agit en fait de la prise de conscience implicite du passage du monde à l'âge de l'électronique, tels que nous l'avons décrit ici dans le chapitre I. La question est alors posée de savoir s'il faut accepter ou non la "technologie moderne" développée principalement par les pays industrialisés. Les options sont diverses ; les analystes (comme F. STEWART, 1985) finissent par abandonner l'illusion qu'il faut s'en préserver et le débat sur les technologies douces est maintenant bien délimité. Le pluralisme technologique a droit de cité avec en perspective, selon les possibilités locales, l'acceptation d'un changement technologique agrémenté de quelques modifications qui portent plus sur les processus de production que sur les caractéristiques des produits (hormis les "add-on" nécessaires à leur usage dans les conditions locales particulières).

27. Le groupe des soixante-dix-sept à la CNUCED a pris une position claire au sein de la commission du transfert de technologie (CNUCED, 1986) et a déposé, dès cette phase préparatoire, un document explicite (dont est tiré le tableau VI-7) : *« application des technologies nouvelles doit être maîtrisée à la fois dans les secteurs modernes et traditionnels, pour exploiter l'avantage comparatif et accélérer l'industrialisation »*. Il s'agit d'un texte présenté par la Tanzanie au nom des Etats membres du groupes des Soixante-Dix-Sept (TD/B/E.6/L.73). A cette occasion, l'industrialisation apparaît nettement tributaire d'un processus de transformation technico-industrielle qui veut prendre appui sur l'état de l'art en matière technique, dont sur les "technologies de pointe" et par suite sur l'électronique en tant que "technologie de pointe".

Tableau VI-7 : EXTRAIT DU "SCHEMA PRELIMINAIRE DE LA STRATEGIE POUR LA TRANSFORMATION TECHNOLOGIQUE DES PAYS EN DEVELOPPEMENT"
Document groupe des 77 (TD/3/C.6/L.73)

D. — RECHERCHE-DEVELOPPEMENT ET INNOVATION TECHNOLOGIQUE

17. Les leçons de l'expérience acquise en matière de production permettront d'affermir la base technologique. Les importations de technologie pourraient être un facteur de progrès. Toutefois, c'est l'esprit d'innovation et d'invention qui est l'élément moteur de tout changement technologique. Les activités de recherche-développement dans un pays sont l'une des principales sources de changement technologique. Les pays en développement doivent élaborer des stratégies et des politiques à long terme afin de renforcer leur capacité d'entreprendre des activités de recherche-développement, en particulier dans les secteurs clés du développement. A court et moyen terme, étant donné les ressources limitées que la plupart des pays en développement peuvent affecter à ces activités, le secteur national de la recherche-développement devrait concentrer les efforts sur des objectifs bien définis, par exemple l'adaptation des améliorations apportées aux techniques et la modernisation de la technologie déjà en service. Il serait nécessaire de renforcer le secteur de la recherche-développement afin qu'il puisse suivre le développement des technologies naissantes et des techniques de pointe, en évaluer les incidences ainsi que les possibilités d'application au développement technologique national, et en faciliter l'assimilation. Il faudrait augmenter les ressources financières et humaines.

18. Concernant l'élaboration d'une politique de recherche-développement, une attention particulière devrait être accordée à l'exploitation efficace des résultats des travaux de recherche-développement. A cette fin, il faut renforcer les politiques et les mécanismes qui visent à améliorer les courants de technologie et les échanges d'information entre le secteur de la recherche-développement (laboratoires de recherche, instituts et universités) et les secteurs productifs.

19. Les centres de recherche-développement du secteur industriel offrent des possibilités de coordination souhaitable et essentielle entre les activités des instituts de recherche et celles du secteur productif. Des engagements fermes devraient être pris visant à garantir des investissements suffisants dans la recherche-développement en vue de l'absorption, de l'adaptation et de l'amélioration des techniques, qu'elles soient mises au point au niveau local ou importées. Il faudrait accorder une attention particulière à la prospective technologique et aux possibilités de découpage des apports technologiques. Les systèmes de recherche-développement doivent viser à contribuer à un transfert technologique efficace de connaissances de base (savoir-faire) et à faciliter de nouveaux progrès. Les organismes d'études, d'ingénierie et d'ingénieurs-conseils contribuent de façon capitale à transformer les innovations technologiques en techniques viables.

Source : CNUCED, 1986 (op. cit.)

28. Dans ces conditions, il ne s'agit pas de substituer aux importations, contraintes par les besoins de consommation et coûteuses en devises, une production locale commençant le montage mais de rénover l'appareil industriel, de procéder, comme dans les pays industrialisés, à une sorte de restructuration des activités industrielles existantes, à une modernisation des activités de production. Le problème est donc en particulier celui de "la productique" selon le vocable français, c'est-à-dire celui de la diffusion de la micro-électronique dans les équipements, dans les processus de production et éventuellement dans

c) Technologies de pointe

36. L'application de technologies nouvelles doit être maîtrisée à la fois dans les secteurs modernes et traditionnels, pour exploiter l'avantage comparatif et accélérer l'industrialisation. Il faut agir sans tarder pour instaurer une collaboration dès le stade de la recherche-développement, pour faire concorder les points de vue des utilisateurs éventuels et de ceux qui actuellement mettent au point les technologies. Une assistance devrait être offerte aux entreprises nationales pour les aider à participer à cette collaboration, qui leur permettra de négocier dans de bonnes conditions et d'accroître leur pouvoir de décision en acquérant, sur le marché international, les éléments, plans, installations et connaissances techniques que ces technologies requièrent. Les pays en développement devraient bénéficier d'un traitement différencié et spécial quant à l'accès aux technologies de pointe sur le marché international de ces technologies.

les produits existants. L'objectif est de réaliser à la fois l'amélioration de la productivité et celle de la qualité des produits. Ceci apparaît indispensable pour les produits que l'on veut placer sur le marché mondial et tout aussi indispensable pour les demi-produits si on souhaite que les intégrations locales de composants, pièces ou ensembles, ne se fassent pas de manière négative. Ce serait les produits finis qui ne pourraient être écoulés sur le marché mondial ou qui rendraient sur le marché national des services insuffisants. En outre, il faudrait contraindre à l'emploi de ces demi-produits sinon les utilisateurs ne manqueraient pas de s'approvisionner par des importations. Dans la mesure où l'ensemble des activités est touché par l'impact de l'électronique, le danger des déclassements des produits et celui de pression à l'importation ou à l'hémorragie de devises touchent en effet toutes les activités.

29. Ceci constitue donc une formidable pression à l'emploi de l'électronique, autant que faire se peut, dans toutes les activités donnant lieu à des produits facilement échangeables. Peut-on être, en matière d'électronique pour l'industrie, un bon et judicieux utilisateur, sans être producteur ? Cela semble tout à fait illusoire. On ne peut mettre sur un territoire un appareil de production à l'âge de l'électronique sans également produire de l'électronique.

30. Dans ces conditions, c'est la poursuite même d'une stratégie efficace d'industrialisation qui exige pour les Tiers-Nations de participer de manière élargie à la production électronique mondiale. Il y a donc lieu d'aller au-delà de simples activités de montage limitant les coûts d'importation et il n'est pas évident que le mouvement mondial de délocalisation multinationale présenté plus haut suffise à réaliser cette exigence de production.

1.3. Des avantages comparatifs aux lois du système industriel mondial

1.3.1. Les limites objectives de l'avantage en coût salarial

31. Les analyses en termes de Nouvelle Division Internationale du Travail ou de redéploiement International sont attachées à une approche classique et statique par les Avantages Comparatifs. L'existence d'une main-d'oeuvre bon marché dans les pays non-industrialisés ne date pas d'hier... Ils ont donc toujours eu, de manière générale, l'avantage d'un coût salarial bas. Les taux de change ont, de manière aussi générale, toujours respecté cet avantage et le coût de la main-d'oeuvre en monnaie internationale est nettement plus faible dans les pays du Sud. Il s'agit donc en fait d'un avantage absolu au sens classique du terme, et confirmé par le marché. Il y a lieu, pour rester dans ce cadre, de l'étendre à la situation néoclassique et d'imaginer d'autres composantes du coût. On doit supposer par exemple que le coût du capital est à un niveau plus élevé en monnaie internationale. Cela permet d'éviter que cette situation n'amène à tout produire dans les pays du Sud. Ils auraient alors un excédent de leur balance commerciale qui, à son tour, en entraînant un relèvement de leur taux de change, rétablirait l'équilibre. La réalité est toute différente : le déficit industriel est patent. Si donc le coût salarial en monnaie internationale est faible,

c'est, dans le cadre de ce raisonnement en termes d'Avantages Comparatifs néoclassiques, que les autres composantes du coût sont beaucoup plus élevées en monnaie internationale que dans les pays industrialisés. Si le raisonnement est juste, la spécialisation des pays du Sud doit se faire dans les activités utilisant relativement plus de travail qui seront les premières, lorsque leur taux de change aura suffisamment baissé, à voir leur coût global en monnaie internationale descendre en-dessous du coût mondial.

32. C'est à l'appui de cette analyse simple, voire simpliste, que le F.M.I., confronté à des problèmes de déficit de balance des paiements, a préconisé de compresser le niveau des salaires et de dévaluer la monnaie, ce qui a donné en général des résultats de court terme non négligeables. Mais cet même analyse peut proposer des solutions tout à fait différentes. Si un pays souhaite à long terme accroître sa participation aux fruits de l'expansion mondiale, il doit élever son niveau de salaire en monnaie internationale. Il doit donc s'attaquer aux autres composantes du coût global pour retrouver des industries "compétitives" sur le marché international. Celles-ci, toujours dans ce même cadre analytique, restent, aussi longtemps que les composantes du coût, autre que le salaire, seront en moyenne d'un niveau plus élevé, qu'ailleurs, des industries relativement plus intensives en main-d'oeuvre.

33. Toutefois, prendre le problème de cette manière ouvre une brèche fondamentale puisqu'elle entraîne le raisonnement du terrain des coûts vers celui de la productivité. Quelles sont les autres composantes du coût, n'y a-t-il pas des avantages apparemment spécifiques de productivité que détiennent les pays industrialisés. Manifestement, les pays industrialisés ont un grand avantage dans le coût de mise en production du capital physique et plus encore dans la maîtrise du savoir produire, de la connaissance scientifique et technique, ainsi que de sa transformation industrielle.

34. La délocalisation multinationale vers les bas salaires, sous réserve qu'ils sont suffisamment bas, peut continuer de se faire pour les industries les plus intensives en main-d'oeuvre et permettre d'offrir des emplois et des devises aux pays bénéficiaires. L'autre condition de sa poursuite est liée à deux sortes de contraintes. Les opérateurs que sont les firmes multinationales ne doivent pas être gênés pour leurs fermetures d'usines dans les pays d'origine, s'il s'agit de délocalisation au sens strict ; les marchés auxquels sont destinés les productions doivent pouvoir être servis depuis les nouveaux lieux de production.

35. Evidemment, depuis la fin des années soixante-dix, le développement de la micro-électronique s'est orienté vers une automatisation croissante qui se poursuit et va se poursuivre de telle sorte que l'industrie électronique n'est plus loin s'en faut, une industrie à aussi forte intensité de main-d'oeuvre. Il faut même ajouter que l'impact de la micro-électronique a globalement, pour toutes les industries, réduit considérablement la place du coût de la main-d'oeuvre non qualifiée dans toutes les productions industrielles. Pour déterminer une modification des avantages comparatifs, dans le cadre de ce type d'analyse, il faudrait que l'échelle des industries classées en fonction de l'intensité en main-d'oeuvre soit modifiée. Si c'est le cas, le mouvement de délocalisation internationale, sous les conditions

précisées plus haut (paragraphe 34), porterait sur les industries nouvellement plus intensives et sous réserve également qu'il n'y ait pas eu de modification concernant les autres éléments du coût global.

36. L'avantage en coût salarial bute donc sur le fait qu'il promet, non pas une industrie particulière, mais les industries les plus intensives en main-d'oeuvre. Si l'industrie électronique est une industrie de haute technologie, relativement peu intensive en travail par rapport aux autres, elle ne doit pas continuer à se développer dans les Tiers-Nations selon le schéma de la délocalisation multinationale vers les bas salaires.

37. Pour attirer des investissements étrangers dans la production électronique, il faut donc offrir autre chose que des bas salaires, de telle sorte que la production soit compétitive, à moins que l'on puisse croire que l'opérateur se déplace avec ses coûts pour les composantes autres que le travail, à un niveau de compétitivité mondiale. De nombreuses observations empiriques ont amené un récent rapport du Centre d'Etudes sur les Multinationales de l'ONU à porter un jugement en tout point conforme avec l'analyse que nous venons de présenter. Selon ce rapport : *seront choisis pour investissement de haute technologie par les multinationales seuls ceux des pays en développement qui possèdent certaines caractéristiques, tels que, un réseau d'industries intermédiaires et de biens de capital relativement bien développé, une infrastructure financière, de transport et de communication bien développée, une force de travail hautement qualifiée de techniciens et d'ingénieurs et une participation gouvernementale substantielle à la recherche et développement.* (UNCTC, 1986, p. 440). C'est-à-dire en fait que la production électronique se délocaliserait compte tenu, non pas tellement des coûts faibles, autres que le coût de main-d'oeuvre non qualifiée, mais de l'existence d'avantages spécifiques de productivité (cf plus haut, paragraphe 35) nécessaires pour réaliser des productions électroniques de haute technologie.

38. Faut-il considérer comme probable un retour vers les pays du Nord des industries qui auraient été délocalisées dans le Sud ? Si on reste dans le cadre strict d'un raisonnement en terme d'Avantages Comparatifs classiques, et donc de coût salarial, le seul fait que la production électronique ne soit plus parmi les activités intensives en main-d'oeuvre devrait conduire inéluctablement au retour des usines d'électronique vers les pays industrialisés. Si en revanche on quitte la statique classique pour considérer que les implantations anciennes ont pu s'accompagner, en dynamique, de la création progressive d'avantages spécifiques de productivité. Si tel est le cas, la question du retour se pose évidemment de manière tout à fait différente. Elle se pose également autrement s'il existe des contraintes locales du type de celles présentées plus haut (cf paragraphe 34) et pour en particulier des productions destinées aux marchés intérieurs et pour lesquelles la proximité est un avantage commercial spécifique très important.

39. Une analyse empirique des cas de délocalisation montrerait en effet la création d'effets dynamiques qui peuvent doter le pays d'assez d'avantages spécifiques. Ainsi, pour C. BERTHOMIEU (1985, op. cit.), la sous-traitance de fabrication avec une entreprise indépendante peut faire progresser les capacités industrielles locales. On doit

certainement considérer que les joint-ventures peuvent avoir bien souvent certaines caractéristiques d'indépendance, au moins pour digérer des transferts technologiques. C'est ce que semble avoir réussi l'industrie coréenne où les filiales étrangères n'occupent plus en 1984 que 16 % des effectifs de l'industrie électronique. Enfin, il faut encore noter sur les données des importations nord-américaines (tarif 806-807) qu'une analyse, la aussi plus fine que celle permise par le tableau présenté plus haut (tableau VI-6), pourrait faire apparaître l'évolution de la part de la valeur ajoutée off-shore dans la valeur importée. Pour la Corée ou Singapour, celle-ci s'accroît fortement, ce qui n'est pas le cas de la Malaisie et des Philippines, c'est évidemment l'indice d'une extension des activités de transformation : un plus grand nombre d'étapes de production, ajoutant plus de valeur au produit, sont réalisées sur place. Cela signifie très clairement une qualification du travail réalisé off-shore et, en conséquence, une amplification du niveau des compétences industrielles locales. Ces compétences, propres à un domaine spécifique et qui se trouvent non seulement au sein des filiales délocalisées mais détenus collectivement, constituent des avantages spécifiques qui dépassent les analyses classiques et néoclassiques en termes d'avantages comparatifs.

40. On peut donner à titre d'exemple deux éléments empiriques qui illustrent parfaitement cette analyse. Nous empruntons le premier à R. CHAPONNIERE et R. TIBERGHIEN ("Industrie électronique dans les pays de l'ASEAN", étude pour l'ONUDI, juin 1988, p. 11) : d'étude de l'industrie électronique dans l'ASEAN souligne souvent un paradoxe : c'est le pays qui a le niveau de salaires le plus haut qui accueille le plus grand nombre d'investisseurs. Comme on peut le constater, cet écart a toujours existé, les salaires singapouriens étant traditionnellement les plus élevés d'Asie. Le second nous emmène au Mexique dans les maquiladoras ; citons le titre d'un article récent d'Electronic Business (Feb. 15, 1988, p. 110) : Robots in Mexico ? Automation where many are jobless ? Sure -U.S. electronics firms are automating their plants south to the border. The push for high quality is just one reason why. Qualité et rapidité sont de bonnes raisons pour automatiser, mais si c'est automatisé pourquoi venir encore dans cette zone ? Dans cet article, on évalue la structure moyenne des coûts aux Etats-Unis comme accordant 15 % au travail pour 65 % au matériel et 20 % aux frais généraux. Au Mexique, le coût du travail est au moins huit fois moins cher qu'aux Etats-Unis, la substitution d'une machine automatique à quelques travailleurs ne peut se justifier en termes de coûts. Cette machine, ou plus généralement l'automatisation, en fait ne remplace pas des travailleurs pour faire la même chose, elle fait autre chose qu'ils ne peuvent pas faire. C'est le cas par exemple des techniques des composants pour Montage en Surface ("S.M.D."). La réalité c'est que même au sein de cette zone, qui est souvent accaparée exclusivement comme une enclave où les Mexicains vendent à bas prix leur force de travail, se sont développés des avantages spécifiques. L'article cité souligne que viennent s'y faire employer des ingénieurs et des techniciens formés, plus ou moins bien, au Mexique, et que les firmes américaines envoient en stage aux Etats-Unis ; le niveau des capacités technico-industrielles doit être suffisamment élevé pour que Zenith mette en place dans son unité de Matamoros une équipe de Recherche et Développement sur des tuners de télévisions (op. cit., p. 116).

41. Tout ceci montre clairement la nécessité d'une analyse qui prenne en compte le fonctionnement de l'industrie, c'est-à-dire le système industriel mondial, au sein duquel s'inscrit l'évolution technico-industrielle mondiale que nous avons présentée dans le chapitre I. C'est là que se définissent les lois qui permettent ou non de participer de manière croissante à la production mondiale. Si elles peuvent montrer certaines facilités, elles signifient surtout d'importantes difficultés.

1.3.2. Les difficultés de maîtrise dans une industrie mondiale de haute technologie

42. L'industrie électronique s'est progressivement transformée en industrie de haute technologie dans toutes ses composantes, il y a peu, c'était le tour des télécommunications, voici venu celui de l'électronique grand public, tandis que la fabrication des composants discrets et des circuits imprimés voit elle aussi diminuer fortement son recours à de la main-d'oeuvre non qualifiée. Les activités de Recherche et Développement s'accroissent globalement et en pourcentage des chiffres d'affaires, tandis qu'elles s'approfondissent et font de plus en plus appel à la recherche fondamentale.

43. La production électronique a besoin d'une main-d'oeuvre extrêmement qualifiée, et de machines capables de répondre à des exigences de précision et de qualité qui ne peuvent être obtenues que lorsqu'elles sont automatiques. Dans de nombreux cas, ces machines sont à commande numérique, et il faut également avoir en général recours à la mise au point de logiciels adaptés à la production à réaliser.

44. Ces deux premiers éléments forment une barrière à l'entrée dans la production extrêmement élevée puisqu'elle est constituée par un savoir-faire spécifique difficilement accessible par une formation académique qu'il faudrait nécessairement compléter par une expérience dans des laboratoires et des ateliers d'usines en fonctionnement. Le système d'évolution technique est en outre tellement rapide que ce savoir-faire est d'une nature fortement évolutive et cumulative, ce qui par ailleurs relève constamment le niveau de cette barrière à l'entrée.

45. La fluidité de l'électronique a trouvé récemment à s'exprimer de manière croissante, ce qui multiplie les interactions technico-industrielles entre toutes les branches, de l'électronique tout d'abord, et des différentes activités, toujours plus nombreuses, à être concernées par l'impact de l'électronique. Ceci rend nécessaire pour toute production électronique de niveau international d'être en prise sur un tissu industriel bien étoffé, ce que n'offrent pas beaucoup de Tiers-Nations.

46. Le montant des investissements nécessaires et les échelles de production qu'impose le souci de les rentabiliser, constituent une barrière technico-financière et commerciale considérable. L'industrie électronique est dans la plupart des cas très intensive en capital, et doit s'assurer un marché très large. Pour un pays donné, dont le marché intérieur est restreint, cela signifie la nécessité d'exporter, or cela ne peut se faire très

facilement dans des domaines où les clients sont très attentifs aux réputations, pour des raisons de qualité en particulier. Il faut en outre maîtriser ou s'introduire dans les canaux de production très spécifiques, qu'ils s'agissent de composants ou de terminaux téléphoniques.

47. Enfin, ce domaine est extrêmement convoité. Une véritable "guerre technologique" fait rage entre pays industrialisés qui sont de plus en plus attentifs à la pénétration de leurs marchés alors que ce sont toujours ces marchés qui sont plus susceptibles d'offrir les débouchés que la plupart des pays du Tiers-Monde n'ont pas localement.

48. Entrer dans une production électronique, de haute technologie, qui serve les objectifs d'une stratégie d'industrialisation cherchant à mettre l'appareil de production territoriale à l'âge de l'électronique, présente ainsi des difficultés très importantes. Il peut donc être tentant, dans un premier temps, de regarder du côté de certaines facilités qu'offre cependant le fonctionnement de cette industrie mondiale.

1.3.3. Les facilités d'insertion dépendante dans le montage et le copiage

49. A l'abri sur un marché intérieur protégé, il est certainement possible, avec un retard de quelques années, de procéder à des productions locales après désossage et copiage de nombreux matériels d'électronique. Dans bon nombre de pays disposant d'une certaine production électronique, on peut décrypter le processus d'élaboration et de test d'une carte, par exemple des lecteurs de disquettes, acheter les composants sur le marché international et la produire à un coût inférieur au prix du produit importé (plus ou moins taxé).

50. L'industrie électronique de montage reste possible, même avec un degré élevé d'automatisation dans le cadre d'accords de sous-traitance, d'O.E.M., de seconde source sous réserve d'importer les équipements nécessaires, les composants, et disposer d'un marché intérieur suffisant.

51. Pour les pays disposant déjà d'une certaine compétence technico-industrielle, les efforts menés par certains acteurs de l'industrie mondiale en matière de normalisation internationale peuvent, par certains côtés, présenter un caractère favorable. La standardisation permet en effet une certaine transparence technique, accroît la dimension des marchés et suscite la concurrence. Le standard PC compatible a permis à nombre de pays de se lancer dans la fabrication de micro-ordinateurs, ce qui n'aurait pas été pensable dans une autre situation. Les normes O.S.I., RNIS, etc., peuvent jouer le même rôle. D'un autre côté, des spécifications nationales propres pour tel ou tel matériel peuvent mettre une industrie locale à l'abri des concurrences extérieures et développer un savoir-faire sans être immédiatement au niveau de la compétitivité internationale. Ceci n'est jouable que pour des pays disposant d'un marché intérieur conséquent car cette spécification exclut des possibilités d'exportation.

52. Toutes ces facilités d'insertion dans la production électronique mondiale sont des opérations où les acteurs locaux sont en fait amenés à essayer d= suivre ceux qui disposent de la maîtrise et ils en sont en quelque sorte dépendants. Toutefois, on peut imaginer que c'est aussi une occasion d'améliorer les niveaux des capacités existantes et qui étaient insuffisantes. Néanmoins, le seul usage de ces facilités ne peut suffire à transformer l'appareil de production et à industrialiser. Il y a donc lieu d'envisager à terme plus ou moins rapproché dans le temps, une véritable stratégie d'entrée dans l'électronique.

2. Pour une stratégie industrielle d'entrée dans l'électronique

2.1. Quel(s) lieu(x) d'entrée ?

2.1.1. Examen critique des réponses simplistes : logiciels et "Asic's"

53. On entend assez souvent que les pays du Tiers-Monde auraient un avantage comparatif dans la production de logiciels. Sans revenir sur ce qui a déjà été expliqué concernant le raisonnement en termes d'avantages comparatifs (cf paragraphe 31 à 41), on peut souligner ce qui en fait ici une réponse simpliste ou illusoire concernant la question sur le lieu d'entrée.

54. La base de l'argument tient au caractère bon marché d'une main-d'oeuvre qualifiée abondante et au fait qu'il serait possible de développer des logiciels de manière tout à fait indépendante de la production de matériels. De là l'idée que les pays du Tiers-Monde devraient se lancer dans le software et prendre une place significative sur le marché international des logiciels.

55. En fait, de la main-d'oeuvre relativement qualifiée, voire très qualifiée, existe dans presque tous les pays du Tiers-Monde et si c'est toujours une main-d'oeuvre beaucoup moins chère que dans les pays industrialisés, elle n'est pas pour autant abondante. Par ailleurs, la production de logiciels, indépendamment de celle de matériels, ne concerne que les logiciels d'application, sous réserve qu'on dispose d'un accès aux matériels sur lesquels ils doivent tourner.

56. Ceci a deux conséquences. Même un pays très peuplé avec une disponibilité importante en main-d'oeuvre très qualifiée, comme l'Inde, ne peut se prévaloir, en dépit d'objectifs dits ambitieux, que de perspectives très modestes dans ce domaine. Si le plan projeté est atteint, l'Inde exporterait pour 300 millions de dollars de logiciels en 1990 (Datamation, sept. 1, 1987). Ceci est une ressource d'exportation médiocre. Quand on sait par ailleurs qu'un seul ensemble logiciel pour micro-ordinateur PC peut atteindre un milliard de dollars de chiffre de ventes. Ceci étant, ce domaine de l'industrie électronique est l'un des très nombreux où l'Inde montre de réelles capacités. Toutefois, parmi ses résultats les plus remarquables n'est pas le fait que l'excellente équipe de TATA Consultancy Service ait réalisé tel ou tel logiciel d'application, pour telles ou telles firmes nord-américaine ou

européenne, mais qu'une équipe de 80 informaticiens indiens puisse se lancer dans la conception logicielle de circuits intégrés grâce à l'investissement réalisé par Texas Instruments à Bougalore.

57. Cette entrée, facile, par la dépendance vis-à-vis d'une firme leader au niveau mondial, est nécessaire car dans la production de logiciels des barrières à l'entrée sont très significatives. Le savoir-faire du matériel est indispensable au maintien à niveau en ce qui concerne le rythme effréné du progrès technique pour les logiciels de base. En matière de logiciels d'application, la crédibilité, la réputation pour les logiciels à la demande, la publicité et les canaux de distribution constituent des barrières redoutables.

58. On peut noter en particulier que le domaine des logiciels pour micro-ordinateurs PC suit un cycle d'innovation inverse assez proche de celui mis en évidence pour les services par R. BARRAS (1986). Après une première phase où des logiciels quelconques se sont multipliés, un grand nombre de firmes se sont trouvées des niches. Au cours de cette seconde phase, des firmes de tous les pays du monde pouvaient vendre leurs logiciels d'application. Enfin, dans une troisième phase sont apparus des concepts logiciels nouveaux plus englobants, qui ont permis à un petit nombre de firmes de devenir leaders et de faire disparaître les multiples petites niches. Actuellement, le lancement d'un nouveau produit exige des dépenses de développement et surtout de publicité considérables et par voie de conséquence un marché tout aussi conséquent.

59. Ainsi, entrer dans l'électronique par les logiciels semble une option difficile. S'il en est ainsi pour l'Inde, ça l'est encore plus pour tout pays n'ayant pas un potentiel comparable de main-d'oeuvre très qualifiée. En outre, il est peu évident que ce soit un lieu d'entrée optimal pour mener une stratégie industrielle, qui reste nécessairement centrée sur la production matérielle. Cette critique ne concerne pas l'option "ASIC's".

60. Une autre option proposée pour l'entrée dans l'électronique est celle de la production de circuits intégrés de haute technologie. Comme il apparaît qu'une fonderie de silicium et la conception de circuits entièrement originaux constituent cependant un domaine vraisemblablement réservé à des pays hautement industrialisés et disposant d'un marché intérieur ou d'exportation suffisant, on se tourne vers une version plus simple, la conception des ASIC's (pour une définition se reporter au chapitre I, paragraphe 61).

61. Même dans les versions les plus simples, les montants d'investissement nécessaires restent considérables et les niveaux de formation à atteindre très élevés (cf O. MANCK, 1987). Dans les pays européens, il n'existe qu'un nombre très limité d'équipes parfaitement au courant et capables éventuellement d'encadrer des ingénieurs, après une formation académique, afin qu'ils puissent tenter une telle opération extrêmement délicate.

62. Ici encore, l'idée de séparer l'activité logicielle de l'activité de conception semble tout à fait illusoire. L'interaction doit être d'autant plus forte entre les deux activités que le progrès technique est rapide. La plupart des études attentives confirment ce jugement

qui est aussi celui de J. SIGURDSON (1986) : *it is not yet obvious to what extent the design phase can be separated from production of IC's considering the very high rate of development of IC manufacturing.*

63. Dans ces conditions, lancer les pays du Tiers-Monde dans la production de logiciels ou dans celle de circuits intégrés ASICs consiste manifestement à en rester à une approche extrêmement simpliste d'une question très difficile.

2.1.2. Exigences de focalisation-articulation

64. L'interconnexion très forte des différentes branches de l'électronique rend le problème du choix d'un lieu d'entrée extrêmement délicat. Un raisonnement trop exclusivement orienté par la "technique", disons un raisonnement d'ingénieur, ne peut donner une solution satisfaisante. Dans un tel cadre, la solution c'est d'être présent partout puisqu'il n'est pas possible de se situer concrètement en un lieu sans profiter des multiples interactions technico-industrielles. Une telle option a été tentée sans succès par la France dans le cadre du "plan d'action filière électronique" (cf chapitre IV), la plupart des pays du Tiers-Monde sont moins bien armés pour la tenter à leur tour. Cela ne signifie pas qu'il n'y ait pas lieu de produire quand c'est possible, un peu de tout, mais avec une intégration et une maîtrise faible, une grande variété de biens. Toutefois, la dispersion des efforts risque d'allonger de beaucoup le temps nécessaire pour maîtriser quelque chose.

65. Dans le cadre du même raisonnement, la solution de repli consiste à s'attaquer, puisqu'on ne peut tout faire, au fondement micro-électronique aux briques de base. C'est un repli par rapport au spectre élargi des investissements qu'il faudrait mettre en place, mais, comme on l'a dit plus haut, la fabrication de circuits intégrés -et même leur seule conception- ne peut se faire sans une interaction technico-industrielle avec les activités clientes et un savoir technique très large. Il n'y a donc pas de repli réel. De la même manière, la solution "logiciels" évite le problème sans le régler.

66. Compte tenu de la situation technico-industrielle de l'électronique mondiale, il faut adopter une attitude stratégique et chercher un maillon faible comme tenu de ses progrès technologiques et y peser de tout son poids en y consacrant des ressources importantes privées et publiques. La taille des investissements matériels et immatériels nécessaire, la taille du marché de rentabilisation dans la plupart des domaines impose à toute stratégie d'entrée, ambitionnant une maîtrise future, cette exigence de focalisation.

67. Simultanément, cette focalisation fait exigence d'articulation. C'est-à-dire que l'acidité d'entrée choisie, privilégiera peu à peu l'une des nombreuses articulations des interconnexions qui caractérisent l'ensemble du complexe électronique. En particulier dès que l'on commence à maîtriser la production initialement focalisée, produire certains de ces composants ou de ses constituants se trouve parfaitement justifié et faisable, réaliser un

ensemble plus complet peut poser des problèmes en raison d'une autre exigence, celle du niveau de complexité.

2.1.3. Exigence de niveaux de complexité

68. L'entrée dans un domaine de haute technologie ne peut se faire, quand on vise tout d'abord un maillon faible, sans choisir selon toute vraisemblance un lieu moins complexe que d'autres. Sur ce lieu, il s'agit, pour en obtenir la maîtrise, d'être d'abord capable de mettre en oeuvre les techniques de production de l'état de l'art : acquérir les équipements et les mettre en production. Puis, après les gagacités de mise en oeuvre de la technique pour produire, il faut pouvoir passer de la technique à la technologie (cf chapitre I, paragraphe 15), c'est-à-dire acquérir une compréhension globale des processus à utiliser. Enfin, seule cette compréhension permet d'imaginer, d'améliorer à la marge certains procédés ou de modifier quelque peu le produit pour répondre aux souhaits de certains clients, ou à l'évolution de la demande. Cette troisième étape fait apparaître une véritable maîtrise technologique qui peut nécessiter un délai plus ou moins long et dans une industrie où les progrès sont rapides, cela peut vouloir dire plusieurs générations de produits.

69. La maîtrise progressive du domaine d'entrée montre l'évidente tentation de progresser vers l'intégration verticale, puisque la compréhension globale du processus à mettre en oeuvre s'en trouvera améliorée. C'est d'ailleurs de cette manière qu'ont procédé nombre de grandes firmes de l'informatique pour en venir, voilà déjà longtemps, à fabriquer leurs circuits intégrés, c'est également le chemin qu'à suivi plus récemment Goldstar en Corée. Sur ce choix, se greffe également celui de la nature des moyens à mettre en oeuvre, ce qui dépend des caractéristiques nationales : formation d'une grande entreprise toujours plus intégrée ou d'entreprises spécialisées dont les relations transitent par le marché où un prix intermédiaire doit alors apparaître.

70. Ceci étant, les relations avec les clients peuvent aussi faciliter une connaissance préalable d'un domaine où les produits élaborés entrent comme constituants. Dans certains cas, la connaissance propre d'un constituant et la disponibilité sur le marché d'autres constituants d'un même niveau de complexité peut n'exiger qu'un supplément de capacité technico-industrielle tout à fait accessible pour réaliser un système qui les articule en une machine à traiter ou à transformer de l'information.

71. Il est clair que tout dépend du niveau de complexité aussi bien pour l'extension que pour l'intégration. Prenons par exemple comme point de départ l'élaboration de circuits imprimés par de petites firmes, avec un accord avec d'autres firmes clientes, ces circuits remplissant une fonction spécifique et regroupant divers composants. La maîtrise d'un circuit correspondant à une fonction peut donner la capacité de maîtriser des circuits correspondant à d'autres fonctions et de générer donc un potentiel de maîtriser partiellement la production de l'équipement qui articule ces différentes cartes-fonctions. En

revanche, il est peut-être, et même sûrement, plus difficile de considérer que l'implantation sur ces cartes de tel ou tel circuit intégré fait progresser de manière significative vers la capacité de les produire. Ceci ne veut pas dire, au contraire, qu'il n'est pas envisageable de progresser dans la complexité par l'intégration comme l'extension : la carte de circuits imprimés comporte certainement d'autres composants plus faciles à produire que les circuits intégrés. Par ailleurs, on peut progresser également dans la complexité latéralement. L'électronique est une industrie de la construction, un complexe technico-industriel, et ne peut s'imaginer comme une chaîne, un fil égrenant des activités qui s'emboîteraient d'amont en aval et qui, de la puce au super grand système, deviendraient de plus en plus complexes. Latéralement, la complexité croissante peut correspondre à des cartes plus élaborées, à plusieurs niveaux, nécessitant des équipements plus sophistiqués : le spectre est extrêmement étendu ici comme dans tous les segments de l'électronique.

72. L'existence d'une gradation des niveaux de complexité exige donc de choisir un point de départ relativement moins complexe et en un lieu qui résiste à l'obtention des résultats attendus, avec des surcoûts inhérents à l'insuffisance de maîtrise qui marquera nécessairement les débuts d'activité. Il n'est pas possible ici de tenter une étude détaillée des complexités croissantes qui traversent toutes les activités de l'électronique. On peut cependant illustrer de manière très simpliste cette gradation par la variation des degrés de complexité "révélés" par les hiérarchies internationales concernant les grande, branches traditionnelles de l'électronique. Le Japon a commencé par des composants relativement simples et a d'abord dominé le marché mondial dans l'électronique grand public, par les radios puis les téléviseurs, quand ils utilisaient relativement peu de composants très complexes autres que le tube. Ce n'est que plus récemment qu'il a pu devenir un fabricant important dans les circuits intégrés mémoire. Sa place mondiale reste en retrait vis-à-vis de la domination américaine en petits, moyens et grands systèmes informatiques, domaines où reste puissante l'Europe, tout comme dans celui des télécommunications où la encore la puissance japonaise est plus récente. Ajoutons que ce n'est qu'aujourd'hui que l'on peut dater la naissance d'un micro-processeur de conception japonaise. Cette présentation des niveaux révélés de complexité au cours de l'histoire montrerait de nombreux correctifs et en particulier il faut tout de suite signaler par exemple qu'au sein de l'Electronique Grand Public (E.G.P.) on trouve un spectre assez large de niveaux de complexité avec une complexité particulièrement élevée pour les actuels et futurs téléviseurs.

73. Néanmoins, ce schéma très général permet d'orienter la réflexion vers cette notion importante de gradation et que l'on peut illustrer sur un exemple de progression plus récente et en cours, celle de la Corée du Sud. Le pays fabrique et vend sur le marché mondial des téléviseurs et des puces électroniques, cependant, bien qu'il y place aussi des micro-ordinateurs compatibles, il cherche aujourd'hui à intégrer nombre de composants - évidemment tous les micros fabriqués dans le Tiers-Monde tournent avec non seulement des micro-processeurs importés, mais aussi très souvent de nombreux composants. De plus, même en achetant des composants, il ne peut fabriquer des superminis, c'est-à-dire des systèmes informatiques un peu plus complexes et doit se contenter de les acheter en kits et expérier peu à peu, en les désassemblant, acquérir un peu de maîtrise. Selon Kil-Nam CHUN du

KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology), la Corée a beau avoir des centaines d'ingénieurs informaticiens, ils ne sont pas capables actuellement de concevoir un système de diagnostic d'une unité centrale (C.P.U.) capable de désigner quelles sont les cartes fautives (DATAMATION, june 1, 1987, p. 68-2). On pourrait citer d'autres exemples comme dans les centraux de commutation d'une certaine taille avec les tentations coréennes, indiennes ou brésiliennes.

74. Cette gradation pose même le problème des possibilités de maintenance. Celles-ci sont directement liées au niveau de complexité du matériel dont il faut assurer la maintenance ainsi qu'un niveau de complexité du matériel qu'il faut employer, sans réaliser cette maintenance. Il n'est évidemment pas possible d'entrer dans le détail mais là encore ces remarques doivent orienter les réflexions et surtout inciter dans chaque cas particulier à ??? de position qu'après une consultation très minutieuse. Le tableau VI-8 reprend une tentative d'évaluation très globale des niveaux de complexité et de leur accessibilité par différentes catégories habituellement distinguées de pays du Tiers-Monde (J. SIGURDSON, 1986, op. cit., p. 76) : *«Une distinction plus fine, liée à une évaluation des potentiels scientifiques, et technico-industriels, sera évidemment préférable, encore faudrait-il l'associer à une échelle de complexité elle aussi plus détaillée».*

Tableau VI-8 : EVALUATION DES NIVEAUX DE COMPLEXITE ET D'ACCESSIBILITE DE LA PRODUCTION ELECTRONIQUE SELON LES NIVEAUX DE DEVELOPPEMENT DES PAYS

"Stage of national development"	Use of professional electronic equipment	Manufacture of electronic equipment	Manufacture of semiconductor components	Manufacture of complex electronic systems
Developing countries at the early stages of development	severely constrained	generally not possible	impossible	impossible
Developing countries	possible with certain constraints	only possible through collaboration	not possible	not possible
Newly industrialized countries (NICs)	without constraints	possible but in the main limited to consumer electronics	independent possibility impossible for the time being	only possible through collaboration
Industrialized developing countries (India & China)	without constraints	general capability possible	independent capability constrained and at high costs	independent capability severely constrained and at high costs
Industrialized countries (e.g. Sweden, USA)	without constraints	general capability possible but economies of scale requires specialization	general capability only possible for a few countries	possible only for a few big countries or smaller ones with viable international companies

Source : J. SIGURDSON (1986), p. 76.

2.2. Quelles tactiques ?

75. Le thème de la création endogène d'une technologie adaptée a été longtemps entonné par nombre de spécialistes de la théorie du développement. Un dicton, devenu international, dit qu'il est illusoire de vouloir réinventer la roue. Ceci étant, la roue, comme le marteau et bien d'autres objets, sont des techniques saturées mais néanmoins indispensables. On comprend l'intérêt heuristique de réinventer la machine à vapeur ou le tour à pied, etc., mais il est certainement possible de trouver autant de valeur heuristique dans les éléments techniques les moins complexes des ensembles technico-industriels qui permettent effectivement de générer une stratégie industrielle de l'âge de l'électronique. Dans ces conditions, les principales tactiques à suivre sont le recours à la technologie étrangère et la recherche d'un niveau de compétitivité mondiale.

2.2.1. Le recours à la technologie étrangère

76. La mise en route d'une activité de production nouvelle amènera nécessairement l'achat d'équipements importés et donc la mise en oeuvre d'un processus de production qui a été défini à l'étranger. Fréquemment, cela s'accompagne en fait de l'autorisation, achetée, de produire un bien, assortie souvent de restrictions de marché. Faut-il s'en offusquer et crier à la dépendance technologique ? On peut certainement regretter que des techniques, avec leur maîtrise rationnelle, ce qui constitue la technologie, ne soient pas un bien libre mais en partie appropriable et marchand. Actuellement, l'activité de toutes les firmes est fondée sur cette réalité et les règles de fonctionnement de l'industrie mondiale ne les incitent pas toujours à céder ce qui constitue un de leurs avantages spécifiques, de la nature de ceux sur lesquels s'établit la dite Division Internationale du Travail (cf le point 1.3. plus haut). A l'heure actuelle, dans nombre de domaines, les firmes de pays industrialisés sont relativement plus réticentes que par le passé pour céder leurs technologies. Pourtant il faut tenter d'en acheter, même si c'est en quelque sorte reconnaître une dépendance technologique, tout compte fait, bien réelle. Cette dépendance n'a rien d'infamant et les jugements doctrinaux en la matière doivent s'effacer devant les analyses pragmatiques. Si l'on observe le commerce international des licences, on souligne en général l'énorme déficit qui caractérise la dépendance technologique des Tiers-Nations. Certes. A cette aune là, le pays au monde le plus dépendant en matière technologique, c'est le Japon ! En 1983 (C.P.E. bulletin, Paris, n° 29, p. 45-46), le taux de couverture des importations de licences par les exportations est de 10 pour les Etats-Unis : leurs recettes d'exportation sont d'un montant égal à dix fois leurs dépenses d'importation. Ce taux est de 1,3 pour la Grande Bretagne, de 0,7 pour l'Allemagne, de 0,6 pour la France et de 0,285 pour le Japon ! Sur la moyenne 1982-1983, le Japon a un déficit extérieur de plus de 10 milliards de dollars (source O.C.D.E.) : Quelle dépendance !

77. Le recours à la technologie étrangère doit donc se faire sans préoccupation doctrinale de dépendance mais en partie avec la logique de la concurrence du système industriel mondial, en partie avec celle de la coopération internationale privée ou étatique.

78. La logique concurrentielle de l'acquisition de technologies étrangères ne doit pas se limiter à considérer que les "technologies" sont disponibles sur les marchés. Il y a en premier lieu, en fait, une quantité considérable de connaissances sur la technique et même sur leur mise en oeuvre qui sont des biens presque libres. Il faut visiter les expositions, les usines, lire les revues professionnelles, s'inscrire dans les associations, souscrire à des banques de données. Ce n'est pas entièrement gratuit mais il est possible d'y trouver un certain nombre de choses dont on a besoin et qu'il serait inutile d'acheter beaucoup plus cher lors d'un accord avec une firme étrangère.

79. Avant d'acheter une technologie, il faut délimiter un domaine de savoir technico-industriel que l'on cherche à acquérir et commencer pour continuer, et cibler une veille technologique qui devrait permettre d'obtenir à des coûts très bas une quantité d'informations et de connaissances qui ne seront pas à acheter. En outre, ces connaissances permettront de mieux cibler quels sont les opérateurs détenant ce qui est effectivement indispensable et qu'il faut nécessairement acquérir sur le marché. Elles permettent aussi d'entamer des négociations et, au nom de celles-ci, d'acquérir déjà un certain nombre de compétences, par l'examen de documents techniques, par les visites d'usines, par des discussions, par l'accueil d'ingénieurs étrangers, par la concurrence qu'il est parfois possible, dans certains domaines, de susciter entre différents opérateurs étrangers. Le nouveau niveau de connaissances préalables permettra d'évaluer avec plus de précision encore ce qui doit faire l'objet de la licence, en particulier en éliminant un certain nombre de savoir que l'on pense pouvoir générer soi-même à partir de l'acquisition principale.

80. Ce sont des tactiques de ce type qui permettent de maîtriser progressivement une technologie et qui s'harmonisent avec les exigences précisées plus haut (paragraphe 64 à 74). Elles ont été employées avec succès ici et là, au Japon c'est évident, mais aussi ailleurs, par exemple en Irlande. E. LALOR (1985) rapporte que le "Irish Goods Council" organise des forces pour montrer quels sont les équipements que les pouvoirs publics importent afin de susciter des fabrications locales. Les commandes publiques sont ainsi l'occasion de faciliter aux entreprises la "veille technologique". De cette manière, une firme irlandaise a désossé un "modem" français, se l'est en quelque sorte approprié, et peut de temps après, non seulement l'administration irlandaise lui a passé commande, mais la firme irlandaise aurait réussi à exporter son produit en France... On peut citer aussi la Corée qui, dans sa volonté de produire des superminis (présentée paragraphe 73, chapitre V), a tout simplement décidé d'entrer dans la capital d'une start-up américaine détenant la technologie, le fait que l'Economic Development Board de Singapour soit installée dans la Silicon Valley ou encore l'achat (en 1984) d'Autonumerics fabriquant des machines à outils électroniques par la Chine Populaire afin de faciliter leur "désossage" par ses ingénieurs.

81. Cette tactique n'est pas toujours accessible et exige déjà une certaine capacité technico-industrielle, il faut alors faire plus confiance aux vertus de la coopération internationale, même s'il faudra nécessairement, pour une part non négligeable, passer par le marché. Cette coopération internationale peut s'établir avec des firmes privées, en dépit

de leur logique essentiellement marchande, surtout lorsqu'elles ont le sentiment que le partenaire ne joue pas la tactique décrite précédemment (paragraphe 79), ou qu'elles considèrent qu'il n'en a pas les moyens vis-à-vis d'elle. Les exemples abondent, on peut, par exemple, citer celui de la coopération dans l'informatique entre Data General (Etats-Unis) et la Chine Populaire initiée en 1979 et qui a ouvert une voie suivie par toute une kyrielle de firmes de Sinclair (avec les micro-ordinateurs) à I.B.M. (installée en 1986) et qui, comme partout dans le monde, cherche à développer une intense collaboration avec les universités en commençant par leur fournir des matériels.

82. La coopération internationale inter-étatique est plus habituelle. De très nombreux accords internationaux, comportant des programmes de formation, d'assistance technique, fonctionnent au profit des pays du Tiers-Monde. C'est d'ailleurs une source pour une éventuelle tactique de veille technologique. Les pays industrialisés en viennent quelquefois à s'inquiéter de la proportion considérable des étudiants étrangers qu'ils formaient. Aux Etats-Unis, une proportion proche de 50 % des PhD délivrés chaque année l'est à des étudiants étrangers. Toutefois, il faut ajouter le chômage des cerveaux qui amène nombre de ces diplômés étrangers à s'installer sur le sol du pays industriel d'accueil. Ultérieurement, des programmes de rapatriement de ces cerveaux (comme aujourd'hui en Inde et en Corée) pourront faciliter l'acquisition de technologies (on connaît l'exemple de l'indien S. PITRODA, revenu des Etats-Unis, où il était physicien et industriel, et qui a fondé la CDOT pour créer de petits centraux de commutation pour la campagne indienne (Electronique Hebdo, 4 février 1988, p. 5).

83. La coopération internationale régionale Sud-Sud est également l'objet de nombreux accords, toutefois les contenus restent encore très limités. Certes, un certain nombre de pays accueillent des étudiants étrangers, mais ce schéma reproduit une coopération de même type qu'entre pays du Nord et pays du Sud. Il s'agit donc d'une coopération en quelque sorte entre pays intermédiaires ou pays reliés et pays un peu moins avancés.

84. Les véritables actions de coopération réunissant de manière convergente les efforts de pays à niveaux de développement comparables, ou de proximité régionale, sont rares. Il y a certes de nombreuses closes : le chapitre V du plan d'action de Lagos sur la Science et la Technologie, adopté en 1980 par l'Organisation de l'Unité Africaine, le Programme de Tokyo sur la technique au service du développement dans la région d'Asie et au Pacifique, adopté en 1984 par la Commission Economique et Sociale pour l'Asie et le Pacifique de l'ONU, ainsi que diverses organisations rattachées à l'ONU. Toutefois, les réalisations concrètes restent modestes. Même en Amérique Latine, qui a montré depuis très longtemps une volonté de coopération régionale, les résultats sont peu importants. Il y a certes le SELA (Système Economique Latino-Américain) qui a adopté en 1986 une "Stratégie Scientifique et technologique" pour renforcer la capacité scientifique et technologique de la région en tant qu'élément indispensable pour promouvoir un développement économique général et harmonieux de l'Amérique Latine. Et c'est dans cette région que le projet UNIDO de créer des réseaux régionaux pour l'Amérique Latine est le

plus avancé. Toutefois, la version connue comme la plus récente (ONUDI, 1967) des actions de l'ONUDI en la matière ne signale pas de modification par rapport aux précédentes versions. Il faut donc en conclure que les projets de ce type ont du mal à se développer.

2.2.2. La recherche au niveau de compétitivité mondiale

85. La réussite de l'entrée dans une production mondiale n'est atteinte que si la capacité technique de produire est sanctionnée par la qualité industrielle sans surcoûts par rapport à ce qui peut se faire. Dit autrement, il faut considérer comme nécessaire d'atteindre le niveau de compétitivité mondiale, ce qui comporte non seulement des éléments plutôt techniques, mais aussi des éléments industriels et commerciaux. Ceci amène donc à définir des choix tactiques propres qui sont associés à cette recherche de niveau de compétitivité mondiale.

86. La recherche du niveau de compétitivité mondiale guide tout d'abord le choix du produit en fonction du niveau de complexité et s'articule avec le mode de recours à la technologie étrangère. Toutefois, il est préférable, même pour un composant simple, de vérifier son niveau de compétitivité plutôt que d'essayer, en baissant son prix par une éventuelle subvention publique, de la placer sur les marchés étrangers ou, par une protection douanière, de l'imposer aux utilisateurs locaux (nationaux ou étrangers). De telles normes ne peuvent qu'être transitoires si des étapes sont clairement définies pour atteindre le niveau requis.

87. Cette tactique pose en particulier le problème du choix des opérateurs et éventuellement de leur nombre. Petites firmes, division existante ou à créer d'une grande firme, entreprise existante ou à créer du secteur public..., le choix dépend à l'évidence du contexte spécifique local, mais doit être guidé en particulier par cette recherche de compétitivité alors qu'évidemment la notion de concurrence qu'elle comporte tend à privilégier, a priori, la multiplicité d'acteurs de taille modeste. Alors que la maîtrise technique paraît quelquefois plus accessible aux grandes firmes, les stimulants à la compétitivité paraissent mieux jouer pour les firmes de taille moyenne, et plutôt pour le secteur privé que pour le secteur public. Le problème se complique encore quand, pour des raisons de recours à la technologie étrangère, il faut faire appel à un investissement étranger, ou à une joint venture, ce qui exclut alors les petites entreprises et amène souvent une participation publique. Chaque cas ou presque est évidemment un cas d'espèce qui requiert un examen approfondi.

88. Le nombre d'opérateurs possibles est évidemment lié au potentiel de ressources existant et au marché prévisible du bien à produire. Si dans une première étape seul le marché intérieur, de taille relativement modeste, doit être approvisionné, le nombre d'opérateurs possibles pour atteindre les économies d'échelle et la rentabilité souhaitable des investissements risque de devoir être limité, que ces opérateurs soient locaux ou étrangers. Ainsi, dans les télécommunications, si certains marchés peuvent permettre

d'obtenir des fabricants étrangers, qu'ils installent une activité de montage et de production de quelques composants dont on puisse dériver une élévation des capacités industrielles locales, il est exceptionnel (la Chine, l'Italie) que le marché potentiel permette d'envisager ces activités à un niveau de compétitivité mondiale avec plusieurs opérateurs. Symétriquement, sur le marché brésilien, réservé aux opérateurs locaux, la non limitation du nombre d'opérateurs prive chacun d'eux des économies d'échelle et des courbes d'expérience qui pourraient améliorer rapidement leur compétitivité, il faut donc que se déroulent un long et hasardeux processus de sélection par le marché local avant d'y parvenir.

89. L'intérêt d'être à niveau de la compétitivité mondiale est exigeant mais indispensable pour transmettre à un ensemble où, on l'a répété souvent, les interconnexions sont très nombreuses, des effets positifs et non pas des effets négatifs. Mieux, cela peut renforcer les occasions d'accroître la participation à la production électronique mondiale en dotant le pays d'avantages spécifiques. Sachant que l'on peut disposer sur place de tel ou tel type de composants, de constituants ou de biens intermédiaires à niveau de compétitivité mondiale, une firme mondiale peut trouver un intérêt à localiser ici plutôt qu'ailleurs l'investissement qu'elle a décidé de réaliser pour approvisionner tel marché régional (cf Chapitre III, 12). C'est bien comme cela que s'explique nombre d'investissements réalisés à Singapour où les salaires sont les plus élevés de l'Asie, hors Japon.

89. Quand il s'agit d'exporter, suivre une tactique de niveau de compétitivité mondiale est tout à fait indispensable. Certes, dans certains cas on a pu imposer la vente à l'étranger de certains produits par l'intermédiaire d'une firme étrangère et en échange de l'accès au marché intérieur pour des produits plus élaborés, et comportant un certain taux d'intégration des premiers par exemple. Ce sont là des réussites discutables et sans lendemain sur lesquelles il ne faut pas s'arrêter. Exporter durablement, éventuellement de manière plus autonome, est beaucoup plus difficile et exige en particulier des dépenses importantes de publicité et de marketing, y compris pour les biens intermédiaires (dans les revues professionnelles). En outre, dans bien des cas, il faut trouver et maîtriser des canaux d'exportation et de distribution rarement simples. Là également, se trouve un savoir-faire qui exige un apprentissage délicat et progressif.

91. Dans chaque produit, la mise à niveau de la compétitivité mondiale doit permettre de prendre une position non négligeable sur le marché mondial et dans certains cas les réussites sont spectaculaires. On ne saurait finir par exemple sans citer le cas de l'industrie électronique grand public coréenne qui a exporté pour 3 milliards de dollars en 1987 et dont le développement est arrivé aujourd'hui au stade de la délocalisation de la production vers les territoires des pays industrialisés comme le montre le tableau VI-9.

Tableau VI-9 : L'INVESTISSEMENT A L'ETRANGER DE L'ELECTRONIQUE GRAND PUBLIC COREENNE

ENTREPRISE	USINE A L'ETRANGER	CAPITAL	INVESTISSEMENT	PRODUITS	REMARQUES
Goldstar Co	GSAI : E.U. GSEG : Allemagne F. GSV	2,5 millions de \$ 1,4 million de \$	Possédée en totalité 2,6 millions de \$ Joint venture (25 %)	TV couleur c: fous à micro-onde Fous à micro-onde	TV couleur et VTRS 10 % du marché E.U. 480 000 VTR/an, 300 000 TV/an
Ce Samsung Electronics	SIL E.U. SET : Portugal SEMUK : G.B.	2 millions de \$ 300 000 \$ 1,5 million de \$	Possédée en totalité Joint venture (56 %) Possédée en totalité	TV couleur TV couleur Fous à micro-onde	600 000 TV/an
Sonyong Chemical	America (inauguration en 1988)	1,5 million de \$	Possédée en totalité	Bandes magnétiques	200 000/an
Sachen	Ireland (inauguration en 1988)	-	Possédée en totalité	Bandes magnétiques	
Daewoo	Longwy : F.	?	Possédée en totalité	Fous à micro-onde	30 000/an

Nota : EU = Etats-Unis ; GB = Grande Bretagne ; F = France

Source : Electronique Hebdo, n° 57, 28 janvier 1988, p. 4.

2.3. Quelle problématique

92 Les paragraphes précédents ont bien montré que, tant les choix de lieux d'entrée que les décisions tactiques, ne pouvaient être faits a priori pour tout pays quel qu'il soit, ou même pour toute catégorie de pays. Il n'est donc pas possible d'aller plus loin dans cette perspective, toutefois il est possible de préciser la problématique avec laquelle il semble préférable d'engager une stratégie industrielle d'entrée dans l'électronique. Cette problématique est inspirée d'un travail que nous avons publié récemment sous le titre "*Les stratégies d'industrialisation dans l'électronique*", et à l'occasion duquel nous avons analysé les stratégies d'une quinzaine de pays du Tiers-Monde (HUMBERT, 1988).

2.3.1. Rejeter la dépendance misérable et l'indépendance sordide

93. La problématique avec laquelle on doit aborder la définition d'une stratégie nationale d'entrée dans l'électronique doit en particulier s'efforcer d'échapper aux clivages traditionnels qu'ont apporté dans le passé des théories du développement pratiquant l'une vis-à-vis de l'autre une opposition doctrinale stérile.

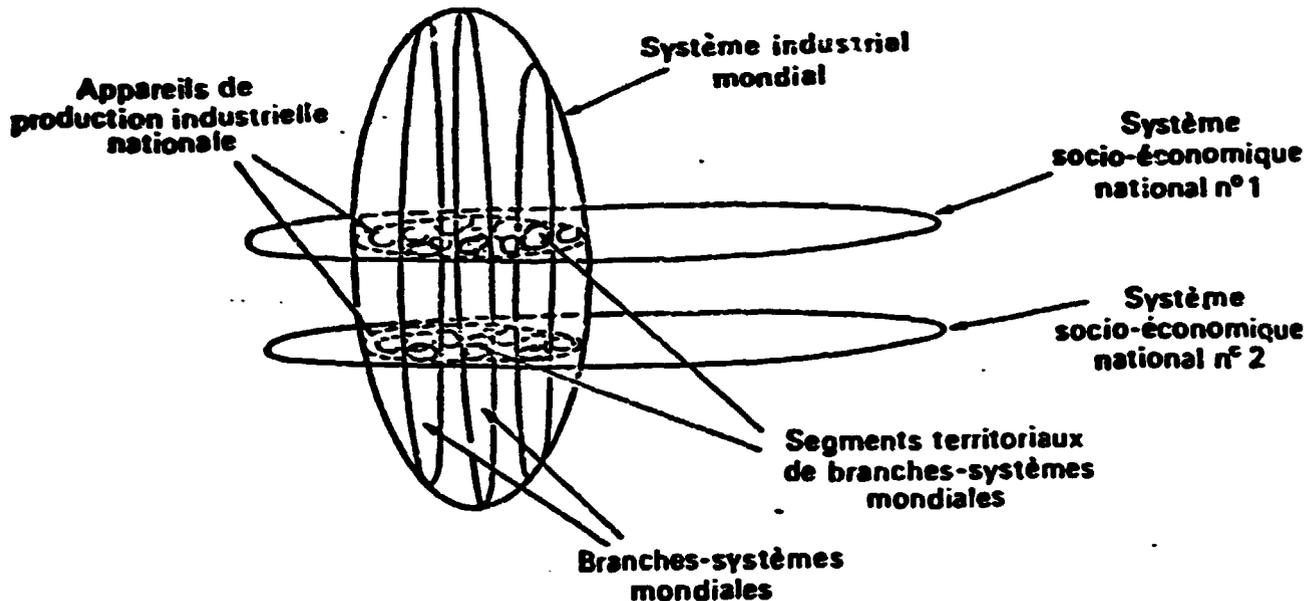
94. Pour l'une, il s'agit de s'ouvrir sur le reste du monde, en quelque sorte sur le fonctionnement du système industriel mondial, et pour y parvenir au mieux, il s'agit d'en appeler ou de favoriser sans distinction tout investissement étranger, de promouvoir là encore, les yeux fermés ou presque, toute exportation. Pour faciliter l'ensemble, on fera le jeu des "avantages comparatifs" en s'efforçant d'exercer une pression à la baisse des salaires et en dévaluant la monnaie.

95. Pour l'autre, il faut échapper à la domination exercée par la Division Internationale du Travail sur les économies nationales. Celles qui ne ferment pas leurs frontières sont spoliées, désarticulées et leur dépendance les entraînent à ne plus être qu'une enclave au service des multinationales. La caricature de la première en fait à n'en pas douter une situation de dépendance misérable, mais prendre le contre-pied risque d'amener à une indépendance sordide.

96. Se fermer sur le reste du monde et se replier sur un marché intérieur toujours trop étroit amène un gaspillage de ressources pour des oligopoles locaux ou pour un secteur public bureaucratique à l'abri de tout calcul économique de rentabilité; Sans stimulation extérieure, le niveau technologique progresse encore moins vite que par le passé et le retard vis-à-vis du reste du monde s'en va croissant. L'indépendance est sauvegardée, éventuellement il serait possible qu'une telle situation favorise une plus grande égalité entre les citoyens d'une même nation, mais vraisemblablement avec une baisse importante du niveau de vie moyen. Au total, ce serait bien une indépendance sordide.

97. Une représentation graphique simple (cf tableau VI-10) permet de comprendre qu'il faut effectivement se dégager de ce clivage, chacune des théories privilégiant des réalités effectives mais qu'il faut combiner. Le système industriel mondial se compose de différentes branches-systèmes mondiales dont la logique technico-industrielle mondiale traverse les différents espaces économiques. Cette logique verticale se soucie peut du bien-être social de telle ou telle nation et l'on aurait bien tort de lui confier l'amélioration de son bien-être. En revanche, les économies nationales qui veulent prendre en charge ce bien-être organisent leur système socio-économique social, et pour elles et leurs pouvoirs publics, la production n'est qu'un moyen pour améliorer le bien-être collectif et sa répartition. L'évolution technico-industrielle universelle, en elle-même, ne constitue pas leur objectif. D'une certaine manière, leur logique horizontale pourrait très bien s'en passer.

Tableau VI-10 : L'ORTHOAGONALITE DU SYSTEME INDUSTRIEL MONDIAL ET DES SYSTEMES SOCIO-ECONOMIQUES NATIONAUX



Source : M. HUMBERT, Revue Tiers-Monde, "La socio-dynamique industrialisante", septembre 1986, p. 549.

98. L'orthogonalité des logiques est telle que se vouer à l'une amène la dépendance misérable, se replier sur l'autre sauvegarde une indépendance sordide. Ce qu'il faut rechercher c'est évidemment une articulation.

2.3.2. Articuler une dynamique sociale sur le Système Industriel Mondial

99. Toute stratégie réussie porte à la fois une marque nationale, celle de son système socio-économique national et une date correspondant à l'état à ce moment du système industriel mondial. Elle est application judicieuse d'un potentiel scientifique technique et industriel national sur l'état du moment du système industriel mondial. Depuis, une telle stratégie ne peut donc résulter de la stricte copie d'un modèle, mais peut-être d'une problématique, et doit être spécifique au pays concerné ainsi qu'au moment où elle est définie, c'est-à-dire à l'état du système industriel mondial.

100. En tant que stratégie d'industrialisation, les différents choix peuvent être jugés selon le critère de leur impact sur la transformation technico-industrielle progressive du

potentiel national : il faut élever la capacité technico-industrielle au plus grand nombre. En tant que stratégie nationale, elle doit reposer sur le système national et se trouve donc être, par nature, une stratégie sociale. Il faut donc, et c'est un point particulièrement délicat, enclancher une dynamique sociale endogène. C'est elle qui est industrialisante et non pas l'électronique.

101. L'électronique jouant un rôle essentiel dans le fonctionnement du système industriel mondial, la stratégie d'industrialisation, qui doit réduire l'orthogonalité des logiques en mettant l'appareil de production locale plus en phases avec l'industrie mondiale, choisit de manière tout à fait pertinente de chercher à entrer dans l'industrie électronique. Toutefois, pour éviter la dépendance misérable, il faut serrer plus encore le choix et de manière générale organiser une ouverture modulée et relative sur une cible judicieusement choisie, afin que cette ouverture serve effectivement de levier à l'essor industriel et non pas qu'il laisse passer un vent par trop destructeur.

102. Cependant, quelles que soient les précautions, cette ouverture va secouer le système socio-économique et différentes mesures d'accompagnement sont absolument nécessaires pour assurer la permanence d'une cohésion sociale qui n'est d'ailleurs pas toujours parfaite. Le processus de rattrapage technico-industriel d'une électronique mondiale, et plus globalement du système industriel mondial très évolutif, ainsi que l'élévation progressive des capacités nationales, sont le ferment de transformations sociales importantes dont la gestion difficile est du ressort d'autres disciplines que la nôtre. En dépit de leur caractère passionnant, nous n'en dirons donc rien.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DU CHAPITRE VI

(dans l'ordre où elles sont citées)

- FROEBEL F., HEINRICHS J., O. KREYE *The new international division of labour*
(1977) Édition anglaise, Cambridge University Press, 1980.
- FROUVILLE R., PERRAULT J.L. *Bilan et perspectives des stratégies d'insertion dans l'industrie électronique mondiale : le cas des nouveaux pays industrialisés*
(1986) Revue Tiers-Monde, tome XXVII, n° 107, juillet-septembre 1986, p. 669-686.
- BERTHOMIEU C. et alii *"L'insertion de la France dans la segmentation internationale des processus productifs par la sous-traitance internationale"*
(1985) Rapport au Commissariat Général du Plan, octobre 1985, tome I, 353 pages, tome 2 Annexes (200 pages environ).
- HAMELINK C.J. *"Les technologies de l'information dans le Tiers-Monde"*
(1987) Revue Tiers-Monde, tome XXVIII, juillet-septembre 1987.
- CNUCED *"L'électronique dans les pays en développement : problèmes relatifs au transfert et au développement des techniques"*
(1978) Nations-Unis, TD/13/C.6/34.
- RADA J. *"The impacts of micro-electronics"*
(1980) ILO-BIT, Genève, 116 pages.
- ONUDI *"Implications of micro-electronics for developing countries. A preliminary overview of issues"*
(1981) UNIDO/IS/246, Vienne, 1981.
- STEWART F. *"El cambio técnico en el Norte. Algunas consecuencias para las opciones del sur"*
(1985) Comercio exterior, vol. 35, num 1, México, enero de 1985, p. 37-47.

- CNUCED**
(1986) *"Suite de l'élaboration et de la mise en oeuvre d'une stratégie pour la transformation technologique des pays en développement. Etat des négociations et propositions présentée par les groupes régionaux et la Chine. Note du secrétariat de la CNUCED"*
TD/B/C.6/135, 22 juillet 1986.
- UNCTC (United Nations Centre on Transnational Corporation)** *"Transnational corporations in the international semi-conductor industry"*
(1986) New-York, 1986, ST/CTC/39, 471 pages.
- BARRAS K.**
(1986) *"Towards a theory of innovation in services"*
Research Policy, 15, 1986, p. 161-173.
- MANCK O.**
(1987) *"Source considerations for the establishment of silicon foundries and design centres"*
ONUDI, IPCT-45 (SPEC), 6 novembre 1987, 41 pages.
- SIGURDSON J.**
(1986) *"Selected aspects of microelectronics technology and applications : custom and semi-custom integrated circuits"*
UNIDO IS 631, 26 may 1986, 101 pages.
- LALOR E.**
(1985) *"The use of public purchasing as a tool to develop technological competence in microelectronics"*
ONUDI IDWG 440/1, avril 1985, 52 pages.
- UNIDO**
(1987) *"The UNIDO programme of technological advances : microelectronics"*
IPCT 29 (SPEC), 3 july 1987.
- HUMBERT M. (éd.)**
(1988) *"Les stratégies d'industrialisation dans l'électronique"*
GERDIC, Rennes (7, place Hoche), 1988, 364 pages.

ANNEXES STATISTIQUES

A - Répartition géographique des marchés..... Annexes 2-11

B - Organisation des échanges..... Annexes 12-22

C - Production en volume Annexes 23-27

D - Analyse factorielle..... Annexes 28-33

Annexes - 2

ANNEXE A

REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES MARCHES

Tableaux A.1 à A.3 - La production mondiale

Tableaux A.4 à A.6 - Les marchés mondiaux

Tableau A.7 - Les balances commerciales par zones

Tableau A.8 - Une rétrospective historique : 1957-1986

Tableau A.9 - Les perspectives de quelques segments de marché aux Etats-Unis ou dans le monde

Source : calculs du GERDIC d'après les données de Mackintosh Yearbook, Electronics Data 1987, Vol. 1: "West Europe", 226 pages ; Vol. 2: "America, Japan, Asia, Pacific", 224 pages ; Benn Electronics, Luton, 1987.

Note : Les balances commerciales sont calculées "ex-post" par différence entre la production et le marché.

Tableau A.1

PRODUCTION 1986 (Millions de \$)

	Info.	Bureau.	Contr.	Milit.	Tele	Médic.	Indust.	GEP	Com.		TOTAL	Emploi	
									Pass.	Act.		1985	Finies
			Instr.	Commo.	comm.								
Allemagne Fédérale	6742	735	4342	1153	3548	666	395	2361	3590	1332	24906	422000	1200
Belgique	694	22	240	99	598	32	27	401	379	9	2501	33900	160
Danemark	116	23	354	146	95	138	16	68	165	4	1166	25000	225
Espagne	1029	14	76	163	571	31	21	412	219	98	2631	54000	140
France	4125	125	1471	3334	3258	222	166	797	1926	1245	16867	245970	699
Irlande	1007	26	178	51	177	17	16	21	368	223	2746	14500	300
Italie	3615	213	1033	1674	1663	213	164	545	805	464	9829	200000	630
Pays Bas	1491	370	693	426	452	349	55	220	646	572	5268	110300	70
Royaume Uni	5461	274	2587	2930	2307	261	364	556	2109	1615	18267	372167	250
TOTAL CEE	24946	1862	10974	9607	12695	1931	1234	5801	10230	4983	84203	1400637	3614
Autriche	143	20	165	23	227	37	18	262	261	89	1247	75000	350
Finlande	281		153	92	189	35	16	166	135	10	1077	34000	50
Norvège	337		146	92	226	9	20	11	47		888	13000	160
Suède	572	28	465	386	1331	152	35	126	420	56	3585	90300	250
Suisse	218	94	944	171	290	90	64	1678	374	98	3441	50000	
TOTAL Eur. Occidentale	26517	1944	12647	10265	14960	2254	1467	7444	11467	5236	94441	1742637	4364
Canada	1153	135	540	616	1387	135	64	329	441	380	5382	85000	647
Etats-Unis	42620	7160	21270	49940	16630	4592	1745	6166	18154	14900	174067	1529200	18832
TOTAL Amérique du Nord	43773	7295	21810	51156	17987	4727	1809	6495	18635	15280	179449	1914200	19479
Japon	19620	4555	3620	4552	6251	1741	674	29402	15139	12770	89524	1190000	17072
TOTAL Pays Industrialisés	89910	13734	36477	56675	37196	6722	3690	34281	45241	33266	363414	4646637	41132
Corée du Sud	900	78	145	140	680	9	48	2430	1294	1905	7825	253115	1112
Hong Kong	693	162	56	366	334	2	51	1428	542	306	3857	107539	2511
Singapour	1439	112	105	27	73	6	10	877	1298	1679	5598	67500	250
Taiwan	677	134	36	202	506	23	57	1667	1623	941	6365	289245	2600
TOTAL Asie de l'Est	3579	507	344	676	1793	42	166	6402	4957	4825	23693	757795	6470
Indonésie	50	15	35	50	100		6	115	112	160	675	25000	200
Malaisie	69	2	25	77	85	4	8	231	160	1544	2205	64350	73
Philippines	12	6	16	36	65	5	4	68	72	1103	1363	50000	350
Thaïlande	74	8	17	38	11	7	1	159	24	426	765	12500	134
TOTAL ASEAN (hors Sing.)	205	37	93	195	261	16	21	573	368	3259	5028	151850	757
Afrique du Sud	59	6	21	31	249	11	22	86	57	4	546	46000	600
Australie	102	13	151	187	366	34	26	141	108	7	1126	19500	313
Brazil	1400	120	118	194	760	59	22	1162	892	418	5145		380
Inde	185	23	347	131	432	23	44	936	363	195	2584		2600
Israël	100	4	56	320	180	210	35	21	218	10	1184	40000	184
TOTAL Autres	1846	166	693	873	1987	337	143	2346	1583	574	10586	107500	4677
TOTAL	93540	14444	35667	58441	43239	9117	4220	43602	52145	41964	402723	5863966	52442

Annexes - 5

Tableau A.3

PRODUCTION 1960 (2) II	Info.	Bureau.	Contr.	Milit.	Télé	Médec.	Indust.	ESP	Com.	Com.	TOTAL
		Instr.	Commu.	comm.					Pass.	Act.	
Allemagne Fédérale	27,07%	2,95%	17,43%	4,79%	14,25%	2,68%	1,59%	9,48%	14,41%	5,35%	100,00%
Benelux	27,75%	0,68%	9,60%	3,96%	23,91%	1,28%	1,06%	16,03%	15,15%	0,36%	100,00%
Danemark	9,95%	1,97%	30,36%	12,52%	8,49%	11,84%	0,86%	7,55%	16,12%	0,34%	100,00%
Espagne	39,11%	0,53%	2,89%	6,06%	21,70%	1,18%	0,80%	15,66%	6,32%	3,72%	100,00%
France	24,48%	0,74%	8,72%	20,95%	19,52%	1,32%	0,95%	4,75%	11,42%	7,36%	100,00%
Irlande	60,74%	0,95%	6,48%	1,66%	6,44%	0,62%	0,66%	0,76%	13,39%	8,11%	100,00%
Italie	36,78%	2,17%	10,51%	10,93%	17,12%	2,17%	1,67%	5,54%	8,19%	4,92%	100,00%
Fays Bas	28,30%	7,02%	13,15%	7,97%	8,58%	6,62%	1,04%	4,18%	12,26%	10,86%	100,00%
Royaume Uni	29,86%	1,50%	14,15%	16,32%	12,63%	1,43%	2,10%	5,23%	11,55%	5,56%	100,00%
Total CEE	29,63%	2,14%	13,03%	11,41%	15,08%	2,29%	1,47%	6,89%	12,15%	5,92%	100,00%
Autriche	11,47%	1,60%	13,23%	1,84%	18,36%	2,97%	1,44%	21,01%	20,95%	7,14%	100,00%
Finlande	26,99%	0,60%	14,21%	8,54%	17,55%	3,25%	1,49%	15,41%	12,53%	0,93%	100,00%
Norvege	37,95%	0,60%	16,44%	10,36%	25,45%	1,01%	2,25%	1,24%	5,29%	0,50%	100,00%
Suede	16,51%	0,78%	12,97%	10,60%	37,13%	4,24%	0,98%	3,51%	11,72%	1,56%	100,00%
Suisse	6,34%	2,73%	27,43%	4,97%	8,43%	2,62%	2,44%	31,53%	10,87%	2,85%	100,00%
TOTAL Eur. Occidentale	28,08%	2,06%	13,60%	10,98%	15,84%	2,39%	1,49%	7,98%	12,14%	5,54%	100,00%
Canada	21,42%	2,51%	10,03%	15,20%	25,77%	2,51%	1,19%	6,11%	8,19%	7,06%	100,00%
Etats-Unis	24,48%	4,08%	12,22%	23,52%	9,54%	2,64%	1,60%	3,51%	10,45%	8,56%	100,00%
TOTAL Amerique du Nord	24,39%	4,05%	12,15%	23,27%	16,02%	2,63%	1,01%	3,59%	10,38%	8,51%	100,00%
Japon	21,92%	5,69%	4,27%	5,08%	6,98%	1,94%	0,75%	22,79%	16,91%	14,26%	100,00%
TOTAL Pays Industrialises	24,74%	3,78%	10,59%	15,60%	10,79%	2,40%	1,07%	9,43%	12,45%	9,16%	100,00%
Coree du Sud	11,56%	1,00%	1,85%	1,79%	11,24%	0,11%	0,51%	31,04%	16,57%	24,33%	100,00%
Hong Kong	17,78%	4,70%	1,44%	7,90%	8,57%	0,05%	1,31%	36,64%	13,91%	7,70%	100,00%
Singapour	25,17%	2,60%	1,88%	0,48%	1,30%	0,14%	0,18%	15,67%	23,19%	29,99%	100,00%
Taiwan	15,34%	2,10%	0,60%	3,19%	7,94%	0,36%	0,89%	26,17%	28,62%	14,77%	100,00%
TOTAL Nainc Geants	16,75%	2,14%	1,45%	2,86%	7,57%	0,18%	0,70%	27,92%	20,92%	20,26%	100,00%
Indonésie	7,41%	2,81%	5,19%	7,41%	14,81%	0,60%	1,19%	17,04%	16,59%	27,56%	100,00%
Malaisie	3,13%	0,99%	1,13%	3,49%	3,85%	0,18%	0,36%	10,48%	7,26%	70,92%	100,00%
Philippines	0,37%	0,58%	1,16%	2,17%	4,70%	0,36%	0,29%	4,92%	5,21%	79,75%	100,00%
Thailande	9,57%	1,05%	2,22%	4,97%	1,44%	0,92%	0,13%	20,78%	3,14%	55,69%	100,00%
TOTAL ASEAN (hors Sing.)	4,08%	0,74%	1,85%	3,88%	5,19%	0,32%	0,42%	11,40%	7,35%	64,52%	100,00%
Afrique du Sud	10,81%	1,10%	3,85%	5,68%	45,60%	2,01%	4,03%	15,75%	10,44%	0,73%	100,00%
Australie	9,03%	1,15%	13,37%	16,56%	32,42%	3,01%	1,77%	12,49%	9,57%	0,62%	100,00%
Bresil	27,21%	2,33%	2,29%	3,77%	14,77%	1,15%	0,43%	22,59%	17,34%	8,12%	100,00%
Inde	7,16%	0,89%	13,43%	5,07%	16,72%	0,89%	1,70%	36,22%	11,72%	6,60%	100,00%
Israël	6,45%	0,34%	4,73%	29,56%	15,20%	17,74%	2,96%	1,77%	18,41%	0,84%	100,00%
TOTAL Autres	17,43%	1,57%	6,53%	8,43%	18,77%	3,16%	1,33%	22,16%	14,92%	5,51%	100,00%
TOTAL	23,82%	3,59%	9,63%	14,51%	10,74%	2,26%	1,05%	10,63%	12,95%	10,42%	100,00%

Tableau A.4

MARCHES 1986 (Millions \$)

	Info.	Bureau. Instr.	Contr. Commu.	Milit. Commu.	Télé comm.	Médec.	Inoust.	ESP	Comp. Pass.	Comp. Act.	TOTAL
Allemagne Fédérale	7452	827	3401	1022	2932	399	303	2490	3181	2103	24110
Benelux	1237	82	374	109	515	48	32	290	345	221	3253
Danemark	550	66	216	160	119	26	12	176	249	102	1616
Espagne	1670	112	285	224	356	53	29	734	404	221	4286
France	5362	440	1427	2502	2765	264	203	1617	1811	1350	17741
Irlande	632	29	140	64	129	24	19	71	353	229	1690
Italie	4086	364	1456	385	1708	271	122	1179	1010	890	11971
Pays Bas	2169	218	662	420	512	175	62	640	605	540	6003
Royaume Uni	6369	590	2573	2702	2430	205	313	2306	2787	1599	21634
Total CEE	29527	2728	10334	8028	11666	1465	1095	9503	10745	7215	92306
Autriche	594	65	264	50	248	44	24	240	281	78	1888
Finlande	513	47	178	106	188	29	22	188	195	159	1625
Norvege	790	66	223	170	306	24	24	162	1510	162	3437
Suède	910	97	502	414	507	124	33	334	576	428	3925
Suisse	1049	202	517	171	290	91	36	381	493	219	3449
TOTAL Eur. Occidentale	33385	3205	12018	8939	13205	1777	1234	10808	13800	8261	106630
Canada	2518	474	1073	617	985	245	117	1211	891	734	8865
Etats-Unis	37520	9035	17920	39460	18650	4493	2120	19300	22275	15346	186119
TOTAL Amérique du Nord	40038	9509	18993	40077	19635	4738	2237	20511	23166	16080	194984
Jaon	14861	1108	3791	2348	4624	1267	464	6615	9993	10020	55091
TOTAL Pays Industrialisés	88282	13822	34802	51364	37464	7782	3935	37934	46959	34361	356705
Corée du Sud	670	79	320	138	825	68	45	722	1116	856	4839
Hong Kong	321	45	50	54	230	7	21	401	699	544	2372
Singapour	741	71	264	71	68	20	21	485	932	269	2942
Taiwan	238	40	135	72	401	46	42	564	1151	1021	3730
TOTAL Mains Grands	1970	235	769	335	1524	141	129	2192	3898	2690	13883
Indonésie	80	28	70	120	180	10	22	203	123	71	907
Malaisie	165	16	117	83	282	11	11	200	257	87	1229
Philippines	36	9	29	28	90	5	4	59	73	29	362
Thaïlande	199	17	76	59	81	17	4	182	58	66	759
TOTAL ASEAN (hors Sing.)	480	70	292	290	633	43	41	644	511	253	3257
Afrique du Sud	502	51	144	82	452	48	41	152	141	72	1666
Australie	986	130	303	339	532	87	44	583	338	139	3304
Bresil	1200	128	133	233	740	60	45	1113	800	494	5048
Inde	229	29	298	129	452	23	44	778	375	290	2657
Israël	390	21	138	210	145	130	15	58	206	119	1432
TOTAL Autres	3404	359	1016	1015	2324	346	189	2664	1864	1124	14327
TOTAL	54176	14486	36679	53604	41945	6314	4294	43454	52272	38428	288172

Tableau A.6

MARCHES 1986 (2) II	Info.	Bureau.	Contr.	Milit.	Tele	Medic.	Indust.	EBP	Comp.	Comp.	TOTAL
		Instr.	Commu.	comm.					Pass.	Act.	
Allemagne Fédérale	30,91%	3,43%	14,11%	4,24%	12,16%	1,63%	1,26%	10,33%	13,19%	8,72%	100,00%
Benelux	38,03%	2,52%	11,50%	3,33%	15,83%	1,48%	0,98%	8,91%	10,61%	6,79%	100,00%
Danemark	34,03%	4,08%	13,37%	6,19%	7,36%	1,61%	0,74%	10,89%	15,41%	6,31%	100,00%
Espagne	38,95%	2,61%	6,65%	5,22%	12,97%	1,24%	0,68%	17,12%	9,42%	5,15%	100,00%
France	30,22%	2,48%	8,04%	14,10%	15,59%	1,49%	1,14%	9,11%	10,21%	7,61%	100,00%
Irlande	37,40%	1,72%	8,28%	3,79%	7,63%	1,42%	1,12%	4,20%	20,89%	13,35%	100,00%
Italie	34,13%	3,04%	12,16%	7,39%	14,27%	2,26%	1,02%	9,85%	8,44%	7,43%	100,00%
Pays Bas	36,13%	3,63%	11,03%	7,00%	8,53%	2,92%	1,03%	10,66%	10,08%	9,00%	100,00%
Royaume Uni	29,44%	2,73%	10,97%	12,49%	11,23%	0,95%	1,45%	10,66%	12,88%	7,21%	100,00%
Total CEE	31,99%	2,96%	11,20%	8,70%	12,64%	1,59%	1,19%	10,30%	11,64%	7,82%	100,00%
Autriche	31,46%	3,44%	13,98%	2,65%	13,14%	2,33%	1,27%	12,71%	14,88%	4,13%	100,00%
Finlande	31,57%	2,89%	10,95%	6,52%	11,57%	1,78%	1,35%	11,57%	12,00%	9,78%	100,00%
Norvège	22,99%	1,92%	6,49%	4,95%	8,90%	0,70%	0,70%	4,71%	43,93%	4,71%	100,00%
Suède	23,18%	2,47%	12,79%	10,55%	12,92%	3,16%	0,84%	8,51%	14,68%	10,90%	100,00%
Suisse	30,41%	5,86%	14,99%	4,96%	8,41%	2,64%	1,04%	11,05%	14,29%	6,35%	100,00%
TOTAL Eur. Occidentale	31,31%	3,01%	11,27%	8,38%	12,38%	1,67%	1,16%	10,14%	12,94%	7,75%	100,00%
Canada	28,40%	5,35%	12,10%	6,96%	11,11%	2,76%	1,32%	13,66%	10,05%	8,28%	100,00%
Etats-Unis	20,16%	4,85%	9,63%	21,20%	10,02%	2,41%	1,14%	10,57%	11,97%	8,25%	100,00%
TOTAL Amérique du Nord	20,53%	4,88%	9,74%	20,55%	10,07%	2,43%	1,15%	10,52%	11,88%	8,25%	100,00%
Japon	26,96%	2,01%	6,88%	4,26%	8,39%	2,30%	0,84%	12,01%	18,14%	18,19%	100,00%
TOTAL Pays Industrialisés	24,75%	3,87%	9,76%	14,40%	10,50%	2,18%	1,10%	10,63%	13,16%	9,63%	100,00%
Cote du Sud	13,85%	1,63%	6,61%	2,85%	17,05%	1,41%	0,93%	14,92%	23,06%	17,69%	100,00%
Hong kong	13,53%	1,90%	2,11%	2,28%	9,70%	0,30%	0,89%	16,91%	29,47%	22,93%	100,00%
Singapour	25,19%	2,41%	8,97%	2,41%	2,31%	0,68%	0,71%	16,49%	31,68%	9,14%	100,00%
Taiwan	6,38%	1,07%	3,62%	1,93%	10,75%	1,23%	1,13%	15,66%	30,86%	27,37%	100,00%
TOTAL Mains Géants	14,19%	1,69%	5,54%	2,41%	10,98%	1,02%	0,93%	15,79%	28,08%	19,38%	100,00%
Indonésie	8,82%	3,09%	7,72%	13,23%	19,85%	1,10%	2,43%	22,38%	13,56%	7,83%	100,00%
Malaisie	13,43%	1,30%	9,52%	6,75%	22,95%	0,90%	0,90%	16,27%	20,91%	7,08%	100,00%
Philippines	9,94%	2,49%	8,01%	7,73%	24,86%	1,38%	1,10%	16,30%	20,17%	8,01%	100,00%
Thaïlande	26,22%	2,24%	10,01%	7,77%	10,67%	2,24%	0,53%	23,98%	7,64%	8,70%	100,00%
TOTAL ASEAN (hors Sing.)	14,74%	2,15%	8,97%	8,90%	19,44%	1,32%	1,26%	19,77%	15,69%	7,77%	100,00%
Afrique du Sud	29,77%	3,02%	8,54%	4,86%	26,81%	2,85%	2,43%	9,02%	8,36%	4,33%	100,00%
Australie	28,14%	3,71%	8,65%	10,25%	15,27%	2,48%	1,26%	16,64%	9,65%	3,97%	100,00%
Bésil	25,75%	2,54%	2,63%	4,66%	14,66%	1,19%	0,89%	22,05%	15,85%	9,79%	100,00%
Inde	8,51%	1,09%	11,22%	4,86%	17,01%	0,87%	1,66%	29,28%	14,26%	11,25%	100,00%
Israël	27,23%	1,47%	9,64%	14,66%	10,13%	9,08%	1,05%	4,05%	14,39%	8,31%	100,00%
TOTAL Autres	23,76%	2,51%	7,09%	7,08%	16,22%	2,43%	1,32%	18,73%	13,01%	7,85%	100,00%
TOTAL	24,25%	3,73%	9,50%	13,65%	10,81%	2,14%	1,11%	11,19%	13,71%	9,90%	100,00%

Tableau A.7

Balance Commerciale (Millions de \$)

	Info.	Bureau.	Contr.	Milit.	Télé	Medic.	Indust.	ESP	Comp.	Comp.	TOTAL
		Instr.	Commu.	Com.					Pass.	Act.	
Allongne Fédérale	-710	-92	941	171	616	269	92	-129	409	-771	796
Benelux	-543	-60	-134	-10	83	-16	-5	111	34	-212	-752
Benemark	-634	-43	138	46	-20	112	-2	-88	-61	-98	-450
Espagne	-641	-98	-209	-44	15	-22	-8	-322	-185	-123	-1657
France	-1233	-315	44	1032	493	-42	-43	-820	115	-105	-874
Irlande	1037	-3	38	-13	48	-7	-1	-50	15	-6	1058
Italie	-471	-151	-423	189	-25	-38	42	-634	-205	-406	-2142
Pays Bas	-678	152	31	0	-60	174	71	-420	41	32	-735
Royaume Uni	-908	-316	214	228	-121	56	71	-1350	-678	-543	-3347
Total CEE	-4581	-926	640	1579	1029	466	139	-3702	-515	-2232	-8103
Autriche	-451	-45	-99	-27	-19	-7	-6	22	-20	11	-641
Finlande	-232	-47	-25	-14	1	6	-6	-22	-60	-149	-548
Norvège	-453	-66	-77	-78	-80	-15	-4	-151	-1463	-162	-2549
Suède	-318	-69	-37	-34	824	28	2	-208	-156	-372	-340
Suisse	-831	-108	427	0	0	-1	48	677	-119	-121	-8
TOTAL Eur. Occidentale	-6866	-1261	829	1426	1755	477	173	-3364	-2333	-3025	-12189
Canada	-1365	-339	-533	201	402	-110	-33	-882	-450	-354	-3483
Etats-Unis	5100	-1935	3350	1480	-2050	99	-375	-13194	-4081	-446	-12052
TOTAL Amérique du Nord	3735	-2274	2817	1681	-1648	-11	-428	-14076	-4531	-800	-15333
Japon	4759	3447	29	2204	1627	474	210	13787	5146	2750	34433
TOTAL Pays Industrialisés	1628	-88	3675	5311	1734	940	-45	-3653	-1718	-1075	6709
Corée du Sud	230	-1	-175	2	55	-59	3	1708	178	1049	2990
Hong Kong	372	138	6	254	104	-5	30	1027	-157	-244	1525
Singapour	668	41	-159	-44	5	-12	-11	392	366	1410	2656
Taiwan	739	94	-97	131	105	-23	15	1083	672	-80	2639
TOTAL Nains Géants	2009	272	-425	343	269	-99	37	4210	1059	2135	9810
Indonésie	-30	-9	-35	-70	-80	-10	-14	-88	-11	115	-232
Malaisie	-96	-14	-92	-6	-197	-7	-3	31	-97	1457	976
Philippines	-24	-1	-13	2	-25	0	0	9	-1	1074	1021
Thaïlande	-125	-9	-59	-21	-70	-10	-3	-23	-34	360	6
TOTAL ASEAN (hors Sing.)	-275	-33	-199	-95	-372	-27	-20	-71	-143	3006	1771
Afrique du Sud	-443	-45	-123	-51	-203	-37	-19	-66	-84	-69	-1140
Australie	-884	-117	-152	-172	-169	-33	-24	-442	-230	-132	-2375
Bésil	100	-8	-15	-41	20	-1	-23	49	92	-76	97
Inde	-41	-8	49	2	-20	0	0	158	-71	-144	-75
Israël	-290	-17	-82	140	33	80	20	-37	12	-109	-248
TOTAL Autres	-1928	-193	-323	-122	-337	-11	-46	-336	-281	-530	-3739
TOTAL	1804	-42	2728	5437	1294	803	-74	148	-1083	3536	14531
Reste du Monde	-1804	42	-2728	-5437	-1294	-803	74	-148	1083	-3536	-14531

Tableau A.8

Marché de l'électronique (M\$)	1967	1968	1969	1975	1981	1986
Etats Unis						
Biens de consommation	1923	1670	3899	6537	11424	20251
Biens d'équipement	7358	10751	17029	36400	71571	135491
Composants	3276	3671	5445	6464	25813	40904
Total	12557	15112	26373	51401	112808	196646
Japon						
Biens de consommation	286	675	1671	4365	5008	10207
Biens d'équipement	132	245	1215	5874	12049	29631
Composants	202	475	1063	3654	9111	26644
Total	622	1595	3949	13716	26168	61082
Royaume-Uni			(1966)			
Biens de consommation	375	278	276	1452	2600	3328
Biens d'équipement	410	470	660	2622	12530	16241
Composants	545	543	656	1918	3151	4634
Total	1330	1291	1792	4492	18681	24203
Allemagne Fédérale	(1960)					
Biens de consommation	622	567	630	2279	3193	2557
Biens d'équipement	130	227	435	3800	13241	17711
Composants	355	403	487	1961	4249	5722
Total	1107	1197	1552	8040	20683	25990
France						
Biens de consommation	192	321	297	851	2852	1680
Biens d'équipement	245	442	801	2654	12475	14133
Composants	175	282	513	1018	2796	3418
Total	612	1045	1611	4523	18123	19231
TOTAL						
Biens de consommation	3409	3931	6799	15487	25143	37604
Biens d'équipement	8287	12145	20346	52770	122172	213207
Composants	4557	5374	8164	14115	49120	75322
Total	16244	21450	35309	82372	196435	326133
PIB (Millions de \$)						
Etats Unis	440500	560500	793700	1531900	3000500	4194500
Japon	36761	59033	123803	498777	1145121	1962971
Royaume Uni	61936	80668	111968	236088	514600	549117
Allemagne Fédérale	51524	90200	123600	117225	683230	892016
France	58815	73160	114520	338832	572369	773264
Total	643536	863561	1267991	3622822	9915820	1871862
Electronique/PIB						
Etats Unis	2,851%	2,910%	3,323%	3,355%	3,760%	4,688%
Japon	2,622%	2,709%	3,206%	2,790%	2,285%	3,112%
Royaume Uni	2,157%	1,608%	1,606%	1,903%	3,625%	4,220%
Allemagne Fédérale	2,168%	1,327%	1,261%	1,927%	3,027%	2,911%
France	1,041%	1,428%	1,467%	1,335%	3,166%	2,487%
Total	2,524%	2,484%	2,706%	2,725%	3,321%	3,896%

Tableau A.9

Milliards de \$		1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	(%)
Test de protocole (télécom)	TELECOM	0	135	157	186	222	262	316	366	432	516	602	692	18,02
T-1 multiples	TELECOM		145,5	191	259	326	430	562,4	737	966	1266	1659	2159	31,02
CAG pour circuits imprimés	NEGATRO	367	373	446	566	654	835	966	1197	1462	1785	2175	2705	22,02
IAD pour circuits imprimés	NEGATRO	273	425	585	655	645	1690	1400	1866	2330	3006	3678	4506	29,02
Concession de logiciels à	NEGATRO	595	566	626	724	645	966	1156	1342	1566	1878	2133	2452	16,72
Contrôleurs Programmables	NEGATRO	606	750	945	1135	1376	1654	2000	2414	2914	3517	4245	5072	20,02
CBM	NEGATRO	28406	33400	40500	47600	57306	67600	73360	79660	93227	109187	127879	148000	17,12
Stations de Travail	NEGATRO	356	713	1425	1866	2185	2340	2556	2772	3725	5006	6728	8800	34,32
Unités de Disque Laser	DIFORN			471	683	991	1438	2086	3030	4367	6380	9257	13300	45,12
CI semi-custom	COMPACT		1034	1279	2822,6	3746,6	4757,8	5769	7234	8993	11187	13917	17400	24,42
CI custom	COMPACT		1689	1495	3203	3657,8	4086,6	4238,8	4901,5	5698,9	6366	7111	8000	11,72
Total ASIC	COMPACT	0	2123	2765	6025,6	7404,4	8844,4	10008	12136	14692	17553	21028	25400	26,32
Mémoires ASIC	COMPACT			219	313	447	638	911	1300	1856	2650	3784	5200	42,72
CI CMOS	COMPACT			5500	7572	10424	14351	19757	27200	37446	51552	70972	96000	37,62
CI NMOS	COMPACT			7266	7278	7357	7436	7516	7600	7682	7765	7846	7927	1,12
Total MOS	COMPACT	0	0	12766	14850	17781	21787	27273	34800	45128	59317	78819	105200	25,62
CI Bipolaires	COMPACT			4600	4946	5560	6256	7026	7900	8880	9982	11221	12600	12,42
Total CI	COMPACT	0	0	17166	19796	23341	28295	34299	42760	54008	72625	90042	110000	23,12
SC de moyenne puissance	COMPACT			400	468	548	641	750	878	1027	1202	1406	1630	17,02
SC de haute puissance	COMPACT			500	553	612	677	750	836	919	1017	1125	1240	10,72
SC de très haute puissance	COMPACT			300	341	387	446	500	568	645	733	833	940	13,62
Total SC de puissance	COMPACT	0	0	1200	1362	1547	1775	2000	2276	2591	2980	3364	3810	41,32
BSP Télécom	COMPACT			174	222	283	361	466	596	747	932	1213	1580	27,42
BSP Militaire	COMPACT			176	212	252	300	357	424	504	599	712	840	18,82
BSP ESP	COMPACT			9	15	24	39	63	103	168	274	446	700	62,82
BSP Industriel	COMPACT			169	138	174	220	278	350	442	558	704	880	26,22
Total BSP	COMPACT	0	0	476	587	733	918	1156	1463	1861	2468	3375	4400	26,42
Liquid Crystal Display (LCD)	COMPACT				1157	1542	2053	2746,5	3482	4424	5620	7140	8900	30,12
Electroluminescence Display	COMPACT				29	51	90	159,5	282	498	879	1551	2600	76,52
Total Ecran: Plat	COMPACT	0	0	0	1186	1593	2143	2906	3764	4922	6499	8691	11500	27,42

ANNEXE B

ORGANISATION DES ECHANGES

Tableaux B.1 à B.3 - Total des échanges électroniques

Tableaux B.4. à B.6 - Précision, horlogerie, optique

Tableau B.7 - E.G.P.

Tableau B.8 à B.9 - Télécommunications, informatique

Tableau B.10 - Composants actifs

Source : Calcul du GERDIC d'après les données de la banque CHELEM du CEPIL, aimablement communiquées par Michel FOUQUIN.

Note :

- (1) Les tableaux se lisent en ligne pour les pays ou les zones exportateurs et en colonnes pour les pays ou les zones importateurs.**
- (2) Le "Total Asie" ne comprend pas le Japon.**
- (3) Les composants passifs, la mécatronique et les logiciels ne sont pas compris dans ces statistiques.**

TOTAL	E.U.	Canada	Total A.N.	Total Eur.Occ	Total CONECON	Japon	Anzas	Amérique Latine	P.O.	Afrique	Total Asie(1)	MONDE	Export (%)
E.U.	0	5570	5570	13147,3	56,5	2933,5	1317,2	3662,2	751,1	107,4	6500,6	14607,5	15,92%
Canada	2491,7	0	2491,7	908,1	4,0	56	57,9	119,2	30,7	7,1	117,0	3796,5	1,56%
TOTAL A.N.	2491,7	5570	8069,7	13655,4	61,3	2989,5	1575,1	3780,4	782	110,5	6700,4	38004	17,40%
France	713,2	77,5	790,7	6326,0	152,2	91,8	159,9	409,3	749,1	432,2	634,4	7766,9	4,49%
Belgique	126,1	9,6	135,7	2512,7	24,2	21,2	30,4	45,3	49	37	150,7	3010,9	1,30%
RFA	2276,6	106,5	2463,1	15790,7	525,5	354,3	620,1	472,4	576,5	140,5	1192,7	22551,7	10,28%
Italie	792,7	96,2	888,9	4157,5	92,5	43,7	151,3	167,6	309,7	66,6	227,3	4104	2,01%
Pays Bas	607,1	107,6	714,7	5191,0	66,9	39,9	113,4	106,3	106,3	70,5	205,2	6765,7	3,11%
R.U.	1706,2	249,0	2036	10907,2	191,6	241,5	421	170,2	696,5	220,2	600,3	15051	7,29%
P.Scandinaves	636,7	90,6	727,3	4245,6	270,1	114,1	195,3	294,5	205	30,7	350,9	6447,7	2,97%
P.Alpins	011,9	79,4	091,3	4420,7	103,6	195,1	124,9	106,3	364,0	75,2	774,1	7224,0	3,52%
Europe Mérid.	362	10,6	300,6	1633,0	162	23,6	40,0	136,7	03,2	33,9	41,5	2541,9	1,17%
TOTAL Europe	0112,5	915,0	9020,3	55402,0	1670,6	1125,2	2040,9	1995,9	3239,9	1120,0	4345,1	09060,5	36,02%
URSS	0,6	0,9	1,5	109	270	1	0,2	0	5,9	21,7	10,6	423,4	0,19%
Eur. Est	11,5	1,4	12,9	235,0	7070,7	2,4	0,0	6,9	106,1	16,1	20,7	7475,5	3,44%
TOTAL CONECON	12,1	2,3	344,0	3	3,4	1	6,7	112	37,0	0,00%			
Japon	23407,6	1544,5	24952,1	13757,3	254,3	0	1905,0	1756	1365,1	166,7	10040,6	55071,3	25,33%
Anzas	41,6	4,5	46,1	94,9	6,2	9,4	56,3	3,1	3	1,3	01,5	302	0,14%
Am.Latine	2767	110,6	2877,6	234,2	50,4	125,7	51,7	59	3,2	6,7	02,7	3491,4	1,61%
P.Orient	9,1	0,3	9,4	101	5,4	0	0,2	1,2	0	0,7	14,4	211,0	0,10%
Afrique	17	0,5	17,5	52	1,1	0	0,6	0	0,2	0,0	2,9	75,1	0,33%
Indonésie	0,4	0,1	0,5	3,9	0	0,0	0,2	0,2	0	0	145,6	151,2	0,07%
Inde	10,9	0,3	11,2	13,6	20,2	0,2	0,4	0,1	0,4	0,5	20,6	75,2	0,03%
Nains Saints	11730,4	699,6	12430	5504,2	10,2	1203,5	499,2	543,2	390,7	71,7	4909,1	25600,1	11,01%
Chine	73,1	3,0	76,9	100,5	51,4	10,0	5,3	1,6	7,2	0,3	075,6	1165,6	0,54%
Autres Asie	2106,4	10,2	2204,6	972,0	4,7	55,7	21,4	0,6	14,4	1,1	1390,4	4665,7	2,15%
TOTAL Asie	14001,2	722	14723,2	6605	94,5	1359	526,5	545,7	420,7	75,6	7366,3	31745,0	14,60%
non ventilée	0	0	0	492,0	0	0	37,7	0	0	0	33,7	564,2	0,26%
MONDE	50059,0	0070,5	50730,3	90900,2	9404,5	5612,2	6195,0	0140,2	5926,1	1026,6	29514,9	217433	100,00%
Import (%)	23,39%	4,00%	27,47%	41,01%	4,36%	2,50%	2,05%	3,75%	2,77%	0,70%	13,57%	100,00%	

TOTAL	Belgique	France	RFA	Italie	Pays Bas	R.U.	Pays Scand.	Pays Alpina	Europe Mérid.	Total Eur. Occi	URSS	Europe Est	Total CONECON	MONDE	Export (%)
E.U.	379,2	1944,3	2449,5	853	1291,7	3536,1	1125	580,2	989,3	13147,3	22,5	34	56,5	34607,5	19,92%
Canada	6,0	44,9	52,5	26,3	62,1	162,5	36,7	16	100,5	509,1	1,6	3,2	4,0	3396,5	1,56%
TOTAL A.N.	386	1989,2	2502	879,3	1353,8	3698,4	1161,7	596,2	1089,8	13656,4	24,1	37,2	61,3	38004	17,48%
France	410,9	0	1793,5	931,4	515,5	1129,3	493	401,7	646,5	6326,0	80,2	64	152,2	9766,9	4,49%
Belgique	0	343,4	470,5	296,5	563,3	430,2	145,2	136,6	136	2512,7	7,6	19,6	26,2	3018,7	1,38%
RFA	1034	2932,1	0	2214,9	1775,2	2386,1	1641,4	2358,9	1726,2	15990,7	197,3	328,2	525,5	22351,7	10,22%
Italie	154	912,7	1177	0	290,2	469,4	383,1	319,7	631,4	4157,5	51,9	40,6	92,5	6106	2,81%
Pays Bas	751,2	499,2	1275,1	591,6	0	1155,6	351,2	279,5	298,4	5191,0	16,5	50,4	66,9	6763,9	3,11%
R.U.	569,9	1402,4	2614,0	1000,9	1340,9	1345	1143	415,1	767,2	10987,2	94,9	96,7	191,6	15853	7,29%
P.Scandinaves	115,0	351,3	706,8	265,0	349,5	737,7	1223,7	248,0	245,2	4245,6	210,2	59,9	270,1	4449,7	2,97%
P.Alpina	150,9	522,5	1582,4	547,7	262,2	472,1	324,3	200,2	350,4	4420,7	30,9	144,7	183,6	7224,5	3,32%
Europe Mérid.	72,2	270,6	491,1	194,0	103,1	221,5	185,7	01	92,0	1633,0	74,3	67,7	162	2241,9	1,17%
TOTAL Europe	3279,9	7115,2	10116,2	6113,6	5207,9	8344,9	5739,6	4649,4	4925,1	55482,0	799,0	070,9	1678,6	80568,5	36,82%
URSS	0,3	0,9	29,7	3,7	3	17,0	27,4	1,4	16,5	109	0	273	270	423,4	0,19%
Eur. Est	4,3	31,3	41	9,7	15,2	17,5	17,5	11,1	80,2	235,0	5941	1129,7	7070,7	7475,5	3,44%
TOTAL CONECON	4,9	40,2	70,7	13,4	18,2	35,3	44,9	12,5	104,7	344,0	5941	1379,7	7070,7	7475,5	0,00%
Japon	425,9	1541,0	4274,0	800,1	915,1	2586,7	1351,9	750,5	1102,5	15757,3	131,6	122,7	254,3	55071,5	25,33%
Anzas	2,4	3,7	12,4	1,6	13,9	47,5	4,6	2,8	0	94,9	6	0,2	6,2	302	0,14%
Am.Latine	10,9	24,9	41,6	20,6	22,8	63,9	13,2	19	18,3	234,2	33,1	17,3	50,4	3491,4	1,61%
P.Orient	2,5	26,3	19,9	5,4	7,9	120,4	0,3	5,8	1	121	3,6	1,0	5,4	211,3	0,10%
Afrique	0,9	13	5,1	1,6	9,5	20,2	0,1	1,3	0,3	52	1	0,1	1,1	75,1	0,03%
Indonésie	0	0,5	1,8	0,3	1	1,1	0,6	0,3	0	5,9	0	0	0	151,2	0,07%
Inde	0	0,5	1,8	0,3	1,6	4,6	3,3	0,1	2,4	13,6	18,6	1,6	20,2	72,2	0,03%
Mains Grands	133,9	396,5	1402,9	379,9	460	1296,9	337,9	274,7	491,7	2504,2	0,4	17,3	18,2	25600,1	11,01%
Chine	3,5	26,7	14,9	7,4	3,9	12,3	3,9	2,4	31,5	100,5	7,2	44,2	51,4	1165,6	0,54%
Autres Asie	6,5	190	263,5	20,0	49,0	324,2	35,0	64,5	17,7	972,0	4,3	0,4	4,7	4665,7	2,15%
TOTAL Asie non ventilée	140,9	914	1607,9	423,7	516,3	1641,1	388,3	342,5	543,2	6605	30,5	64	94,5	31745,0	14,60%
MONDE	4271,3	12920,2	10721,6	8481,0	8563,4	16250,4	8607,6	6379	7794,9	90900,2	6970,7	2513,8	9404,5	217433	100,00%
Import (%)	1,93%	3,53%	9,61%	3,96%	3,71%	7,62%	4,80%	2,93%	3,58%	41,91%	3,21%	1,16%	4,36%	100,00%	

TOTAL	Indo- nésie	Inde	Corée	HK	Sing.	Taiwan	Chine	Autre Asie	Total Asie (1)	MONDE	Export (%)
E.U.	134,2	187,9	1048,4	646,7	1205,7	708,7	621	2044	6508,6	34487,5	15,92%
Canada	3,8	0	25,1	22,0	15,7	6	20,3	10,1	119,0	3376,5	1,56%
TOTAL A.N.	138	195,9	1073,5	669,5	1221,4	706,7	641,3	2062,1	6708,4	38004	17,48%
France	55,5	118,4	83,6	40,3	44,4	19,9	104,2	150,1	634,4	975,9	4,49%
Belgique	4,6	4,3	3,1	7,5	8,7	41,5	64,3	16,7	150,7	3010,9	1,30%
RFA	79,7	155,5	89,5	113	132,8	119,2	223,6	279,4	1192,7	22351,7	10,20%
Italie	21,7	14,4	11,9	12,9	61,7	5,7	26,9	72,1	227,3	6106	2,81%
Pays Bas	33,2	41,8	14	31,3	19,2	71	19,7	53	203,2	6763,9	3,11%
R.U.	36,9	189,1	42,0	95,6	63,5	42,3	98,9	199,2	688,3	15853	7,29%
P.Scandinaves	15,0	43,2	55,2	29,6	17	11,1	67,5	111,5	350,9	6417,7	2,77%
P.Alpins	5,3	37,6	23,5	340,7	104,6	41,7	79,2	143,5	776,1	7224,5	3,32%
Europe Mérid.	1,3	2,4	1,1	4	12,2	2,1	8,4	10	41,5	2541,9	1,17%
TOTAL Europe	254	526,7	324,7	682,9	464,1	354,5	694,7	1043,5	4345,1	80068,5	36,82%
URSS	0	0	0	9,1	0,1	0	1,4	0	10,6	423,4	0,17%
Eur. Est	1,1	0	0	1,7	0,8	0	17,1	0	20,7	7475,5	3,44%
TOTAL COMECON	1,1	0	0	10,8	0,9	0	18,5	0	0	0	0,00%
Japon	131,8	257,4	2338,8	2354,6	1639,8	1815,8	1228,9	1091,5	10848,6	55071,3	25,33%
Anzas	3,4	7,7	2	24,3	15,0	1,6	3,0	22,9	61,5	302	0,14%
Am.Latine	9,9	0	19,6	23,1	11,1	13,7	5,3	0	82,7	3491,4	1,61%
P.Orient	0	0	1,9	11,2	0,9	0	0,4	0	14,4	211,0	0,10%
Afrique	0	0	0	2,6	0,1	0	0,2	0	2,9	75,1	0,03%
Indonésie	0	0	2	1,6	137,5	0,3	0	0,2	143,6	151,2	0,07%
Inde	2,6	0	1,8	0,9	22,3	0,1	0,9	0	28,6	75,2	0,03%
Nains Géants	101,5	145,5	235,3	791,6	412,9	260,4	1473,2	1279,7	4948,1	25689,1	11,81%
Chine	3,2	0	0	872	5,5	0	0	14,9	895,6	1165,6	0,54%
Autres Asie	21,6	0	65,7	262,7	748,4	98	2	0	1390,4	4665,7	2,15%
TOTAL Asie non ventilée	128,9	145,5	304,8	2128,8	1528,6	358,8	1476,1	1294,0	7366,3	31745,0	14,60%
MONDE	667,1	1133,2	4071,6	5987,8	4882,7	3277,7	4069,2	5505,6	29514,7	217433	100,00%
Import (%)	0,31%	0,52%	1,87%	2,72%	2,25%	1,51%	1,87%	2,53%	13,57%	100,00%	

CIELEM Précision	1986													Export (%)
	E.U.	Canada	Total A.N.	Total Eur.Occ.	Total CONECON	Japon	Anzas	Amérique Latine	P.O.	Afrique	Total Asie(1)	MONDE		
E.U.		1156	1156	3892,9	31,3	863,6	513,9	741,7	216,8	37,9	1056,8	7713,9	22,32%	
Canada	479,7		479,7	82,2	0,8	14,5	10,4	39,4	9,5	3,3	24	671,8	1,94%	
TOTAL A.N.	479,7	1156	1635,7	3175,1	35,1	878,1	532,3	781,1	226,3	41,2	1080,8	8385,7	24,27%	
France	215	26,7	241,7	1085,1	81	26,8	36,7	132	233,7	196,9	177,5	2121,6	6,14%	
Belgique	15,3	3	18,3	387,7	15,3	1,7	7	6,4	23	10	8,1	478	1,38%	
RFA	1086,4	86,3	1172,7	3958,1	328,5	178,7	248	197,4	226,4	65,1	416,9	6775,8	19,61%	
Italie	91,8	12,1	103,9	723,5	47,8	13,9	27	38,1	89,5	18	37,6	1899,6	3,48%	
Pays Bas	168,2	27,5	195,7	1184	23,9	18,6	27,8	38,9	58,1	8,7	61,9	1521,6	4,40%	
R.U.	668,7	82,9	743,6	1982,5	129,9	99,9	288,3	44,1	286	76,3	268,1	3758,7	10,85%	
P.Scandinaves	237,9	37,3	275,2	1111,6	189,9	71,4	75,8	34,5	43,4	18,1	76,5	1835	5,31%	
P.Alpins	194,7	23,6	218,3	1416	188,6	54,6	61	42,6	86,9	16,4	137,2	2133,6	6,17%	
Europe Mérid.	92,1	8,6	100,7	288,5	48,7	5,2	17,4	57,3	33,9	6,3	11,9	498,1	1,42%	
TOTAL Europe	2762,1	388	3878,1	11897	885,6	462,8	781	583,3	1872,9	317,8	1287,7	28286	88,10%	
URSS			0	18,8	0	0,4	0,1				0	11,3	0,63%	
Eur. Est	4,2	8,5	4,7	65,1	432,3	1,1	8,4	1,4	4,1	1,3	3,1	513,5	1,49%	
TOTAL CONECON	4,2	8,5	4,7	75,9	432,3	1,5	8,5	1,4	4,1	1,3	3,1	524,8	1,82%	
Japon	1219,2	63,9	1283,1	948,8	63		213,5	137,4	116,6	18,1	1182,5	3947	11,42%	
Anzas	28,2	2,4	22,6	37,2	1,5	2,5	25,3	8,9	8,9	8,2	21	112,1	0,32%	
Am.Latine	269,5	1,3	270,8	23,9	4,6	8,4	1,1	4,9	8,2	8,6	1,1	387,6	6,79%	
P.Orient	1,5	8,1	1,6	82,9	8			1,1			8,5	86,1	0,25%	
Afrique	1,8	8,1	1,9	14,2	8,9		8,1		8,1	8,7	8,2	18,1	0,85%	
Indonésie	8,1		8,1	8,4	8						2,4	2,9	0,81%	
Inde	2,7	8,1	2,8	6,4	1,9		8,3				3,1	14,5	0,84%	
Nains Géants	256,3	19,8	276,1	187,4	8,3	48,7	33,1	8,9	14,4	3,9	226,6	713	2,86%	
Chine	4,8	8,7	5,5	9,7	7,1	8,7	8,8	8,1	8,2		38,3	54,4	0,16%	
Autres Asie	28,2	8,9	29,1	58	2,5	1,4	2,9	8,3	14,4	8,4	18,6	119,6	0,35%	
TOTAL Asie	292,1	21,5	313,6	173,9	11,8	42,8	37,1	9,3	29	4,3	281	984,4	2,62%	
non ventilée			8	58,9	8		1,9				1,5	62,3	0,18%	
MONDE	3858,3	1533,8	6684,1	16479,8	1434,8	1388,1	1512,8	1519,4	1458,1	376,2	3779,4	34554,1	188,80%	
Import (%)	14,62%	4,58%	19,11%	47,69%	4,15%	4,82%	4,38%	4,48%	4,28%	1,89%	10,94%	188,80%		

Horlogerie	E.U.	Canada	Total A.N.	Total Eur.Occ	Total COMECON	Japon	Anzas	Amérique Latine	P.O.	Afrique	Total Asie(8)	MONDE	Export %
E.U.		32,8	37,8	18,5	0	2,4	4,3	17,1	0,7	0,1	36,7	112,8	1,31
Canada	7		7	0,7	0	0,1	0,3	1			0,9	10	0,12
TOTAL A.N.	7	32,8	37,8	19,2	0	2,5	4,6	18,1	0,7	0,1	37,6	122,8	1,43
France	19,1	1,5	20,6	17,9	0,9	3,4	3,3	14,7	17,2	20,1	39,3	290	3,46
Belgique	0,5		0,5	20,5	0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,4	0,2	20,1	0,33
RFA	05,5	0,2	93,7	390,2	2,0	0,4	11,6	13	15,4	1,3	39,9	976,3	6,69
Italie	13,0	0,7	14,5	99,0	0,1	1,7	0,9	2,0	4,0	0,1	1,4	126,2	1,47
Pays Bas	2	0,3	2,3	30,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	34,3	0,40
R.U.	5,3	0,0	6,3	41,6	0,1	0,0	3,7	1,6	10,0	2,3	22,1	89,3	1,04
P.Scandinaves	1,6	0,3	1,9	12,9	0,1	0,1	0,4	0,9	0,2	0,3	0,9	17,7	0,21
P.Alpins	410,7	25,3	444	902,6	0,3	112,4	27,3	114,3	104,0	7,7	510	2321,4	26,95
Europe Mérid.	0,9	0,1	1	12,0	0,4	0,2	0,2	0,7	5,4	0,3	0,4	22,0	0,26
TOTAL Europe	547,6	37,2	584,8	1609,3	12,9	127,3	40,1	147,0	240,0	33,0	620	3514,1	40,81
URSS		0,0	0,0	12	0						9,1	21,7	0,25
Eur. Est	0,0	0,1	0,9	11,0	0	0,1	0,1				1	13,9	0,16
TOTAL COMECON	0,0	0,9	1,7	23,0	0	0,1	0,1	0	0	0	10,1	35,0	0,41
Japon	432,4	32,3	464,7	416,7	0,7		45,4	120,1	164,5	0,9	007,1	2106,1	24,45
Anzas	0,1		0,1	0,5	0	0,2	0,4				2,4	3,6	0,04
Am.Latine	10,5	0,7	11,2	3,5	0		0,1	10,1			2,5	27,4	0,32
P.Orient			0	15,9	0		0,1				9,9	25,9	0,30
Afrique			0	14,4	0						2,6	17	0,20
Indonésie			0	0	0						0	0	0,00
Inde	0,1		0,1	0	0,4				0,1		0,1	0,7	0,01
Mains Géants	502,3	53,7	636	602,2	0,3	217	51,5	114,6	150,5	5	498,6	2275,7	26,42
Chine	11,4	0,9	12,3	20,5	31,6	5,2	1,1		5,7		249,7	334,1	3,88
Autre Asie	52		52	32,7	0	1,7	0,3				34,0	141,5	1,64
TOTAL Asie non ventilée	645,0	54,6	700,4	603,4	32,3	223,9	52,9	114,6	156,3	5	703,2	2752	31,95
MONDE	1644,2	150,5	1802,7	2073,9	45,9	354	151,7	410,7	562,5	39,8	2361,9	8612,2	100,00
Import (%)	17,09%	1,04%	20,93%	33,37%	0,55%	4,11%	1,76%	4,06%	6,53%	0,46%	27,43%	100,00%	

Optique	E.U.	Canada	Total N.N.	Total Eur.Occid.	Total COMECON	Japon	Anzas	Amérique Latine	P.O.	Afrique	Total Asie(8)	HONDE	Export (%)
E.U.		278,1	278,1	438,2	5,1	119,4	51	138	21,4	2,7	95,4	1681	9,80%
Canada	126,5		126,5	35,1	0	3,9	2,6	1,7	0,4	0,2	2	172,4	1,06%
TOTAL A.N.	126,5	278,1	404,6	465,3	5,1	119,3	53,6	139,7	21,8	2,9	97,4	1773,4	10,86%
France	145,4	18,6	164	463,2	3,8	14,8	16	22,3	36	18,6	14,7	753,7	4,62%
Belgique	4,5	1,7	6,2	111	1,2	8,4	1,4	1,6	2,4	3,2	1,1	128,6	0,79%
RFA	242,9	33,7	276,6	1425,9	46,6	68,9	48,7	36,2	41,9	13,3	85,6	2843,7	12,52%
Italie	139,1	28,6	159,7	261,4	2,5	3,5	14,5	7,8	28,6	2,8	8,6	481,6	2,95%
Pays Bas	162,4	27,5	191,9	720,2	22,4	3,6	29,2	11,9	19,6	7,7	28,3	1826,8	6,29%
R.U.	133,1	18,1	151,2	601,2	8,5	25,5	25,3	6,5	26,2	10,3	31,7	886,5	5,43%
P.Scandinaves	46,3	5,5	51,8	185,1	2,5	9,3	7	3,9	4,8	2,3	8,3	276,6	1,69%
P.Alpins	91,5	18,8	102,3	368,6	16,2	13,8	12,9	5,2	16,3	16,1	41,9	583,3	3,58%
Europe Mérid.	42,3	2,4	44,7	88,8	2,2	2,9	1,6	5,4	3,0	0,0	2,3	146,4	0,90%
TOTAL Europe	1887,5	148,9	1148,4	4289,4	185,9	142,7	156,6	188,8	171,6	75,1	214,7	6329,2	38,76%
URSS		0,1	0,1	22,3	0	0,2	0,1				0,1	22,8	0,14%
Eur. Est	1,4		1,4	24,2	51,2	1,2	0,2	5,4		0,3	3,7	87,6	0,54%
TOTAL COMECON	1,4	0,1	1,5	46,5	51,2	1,4	0,3	5,4	0	0,3	3,8	118,4	0,68%
Japon	2963,4	243,4	3206,8	2243,8	16,7		257,4	118,5	99	7,4	787,1	6651,2	40,73%
Anzas	4,1	0,2	4,3	8,2	0	1,1	5,5	1,8	0,8	0,1	9,5	31,4	0,19%
Am.Latine	29,4	1,2	30,6	3,6	8,6	1,3	0,9	3,6		3,6	5,1	37,3	0,35%
P.Orient	1,4		1,4	4,4	0,3			0,1			0,2	6,4	0,04%
Afrique	3,5	0,2	3,7	3	0		0,5				0	7,2	0,04%
Indonésie	0,1		0,1	1,9	0	0,8		0,2			0,4	3,4	0,02%
Inde	0,1	0,1	0,2	8,6	12,2			8,1		8,4	1,1	14,6	0,09%
Nains Géants	488,4	39,1	527,5	259,2	8,1	78,5	37,9	18,4	22,9	5,9	257,4	1281,2	7,36%
Chine	1,6	0,4	2	4,3	1,8	1	8,3	1,3			49,3	68	0,37%
Autres Asie	13,1	0,5	13,6	15	2,2	6,1	1,7	0,3		0,7	9,9	49,5	0,30%
TOTAL Asie	583,3	40,1	543,4	281	16,3	78,4	39,9	28,3	22,9	7	518,1	1328,7	8,14%
non ventilée			0	31	0		2,2				1,3	34,5	0,21%
HONDE	4648,5	784,2	5344,7	7496,2	284,1	344,2	516,9	382,2	316,1	96,4	1357,2	16329,7	100,00%
Import (%)	28,42%	4,31%	32,73%	45,91%	1,25%	2,11%	3,17%	2,34%	1,94%	0,59%	8,31%	188,88%	

EGP	E.U.	Canada	Total A.N.	Total Eur.Occ	Total COMECON	Japon	Anzas	Amérique Latine	P.O.	Afrique	Total Asie(1)	MONDE	Export (%)
E.U.		259,9	259,9	63,6	3,1	12,4	7,5	202,5	6,3	6,2	40	601,5	2,15%
Canada	71,3		71,3	8,2	0			0,1	0,1	0,2	1,6	81,5	0,29%
TOTAL A.N.	71,3	259,9	331,2	71,8	3,1	12,4	7,5	202,6	6,4	6,4	41,6	683	2,44%
France	2,6		2,6	224,6	4	0,9	1,1	14,9	17,7	34,6	6,4	336,8	1,10%
Belgique	12,3	1,6	13,9	812,9	0,2	5,3	2,2	0,2	0,2	3,7	4,8	843,6	3,01%
RFA	60,9	2,4	63,3	2100,6	20,9	1,0	12,3	0,1	10,9	7,7	34,6	2284,2	8,16%
Italie	3	0,1	3,1	233,8	1,3	0,1	0,5	3,1	6,5	5,9	0,4	254,0	0,71%
Pays Bas	17,2	2,1	19,3	370,6	4	1,9	2,6	4,5	11,2	10,3	12,1	436,5	1,56%
R.U.	17,4	2,0	20,2	584,2	3,1	1,6	7,3	1,4	9,1	21,6	10,3	659	2,35%
P.Scandinaves	15	1,5	16,5	410,1	4,3	0,6	2	4,3	1,0	2,9	2,3	452,0	1,62%
P.Alpine	16,7	4,3	21	522,1	6,9	2,1	2,5	1,6	1,0	3,6	5,8	567,4	2,03%
Europe Mérid.	1	0,3	1,3	190,6	15,4	0,1	0,1	0,2	13,1	6,6	1	231	0,83%
Total Europe	146,1	15,1	161,2	5465,5	60,1	14,4	30,6	30,3	00,3	96,9	77,7	6036,1	21,56%
URSS			0	20,1	120,9				4	21,1	1,3	175,4	0,63%
Eur. Est			0	42,9	50,7				4,5	7	1,0	106,9	0,38%
TOTAL COMECON	0	0	0	63	179,6	0	0	0	0,5	20,1	3,1	202,3	1,01%
Japon	7452,4	603,4	8055,8	3141,7	100,9		405,0	444,9	547,7	51	1476,9	14232,7	50,03%
Anzas	0,2		0,2	0,3	0		1,3				2,6	4,4	0,02%
Am.Latine	784,9	65,7	850,6	56	0			5,0			0,4	912,8	3,26%
P.Orient	0,7		0,7	7,5	5		0,1			0,2	2,2	15,7	0,06%
Afrique	2,1	0,2	2,3	0,4	0						0	2,7	0,01%
Indonésie	0,1	0,1	0,2	0	0						0,4	0,6	0,00%
Inde			0	0,9	0						0,1	1	0,00%
Mains Déants	2195	263,4	2458,4	1417,5	5,6	127,6	92,9	226,1	110,9	36,3	410	4920,9	17,57%
Chine	30,2	1,1	31,3	35,9	7,2	6	2,9		0,9	0,3	342,3	426,0	1,52%
Autres Asie	96	0,3	104,3	104,0	0	0,5	9,4				160,1	467,1	1,67%
TOTAL Asie non ventilée	2321,3	272,9	2594,2	1639,1	12,8	134,1	105,2	226,1	119,0	36,6	920,9	5016,4	20,77%
MONDE	10779	1217,2	11996,2	10457,0	377,5	160,9	550,5	917,7	762,7	219,2	2534,4	27999,6	100,00%
Import (%)	30,50%	4,35%	42,84%	37,35%	1,35%	0,57%	1,97%	3,20%	2,72%	0,70%	9,05%	100,00%	

Télécom	E.U.	Canada	Total A.N.	Total Eur.Occ	Total COMECON	Japon	Anzas	Amérique Latine	P.O.	Afrique	Total Asie(8)	MONDE	Export (%)
E.U.		577,4	577,4	934,2	4	278	125	743,1	351,9	33,4	529	3568	10,55%
Canada	614,2		614,2	196,5	3,2	6,9	19,3	38,2	13,6	4,4	46,1	754,4	2,03%
TOTAL A.N.	614,2	577,4	1191,6	1130,7	7,2	276,9	144,3	793,3	365,5	37,8	575,1	4522,4	13,41%
France	52,4	4,9	57,3	388,9	12,7	2,6	38,2	137,6	363	178,6	178,2	1469,1	4,36%
Belgique	16,1	1,1	17,2	417,8	4,7	4,6	6,7	34,5	13,7	7	114,9	622,9	1,65%
RFA	83,7	14,3	98	1650,4	27,3	10,2	178	145,1	284,2	47,7	238,9	2599,8	7,71%
Italie	38,6	3,5	34,1	442,1	5,8	4,5	51,8	79,5	149,1	31,4	93,4	891,9	2,64%
Pays Bas	93	35,7	128,7	488	2,9	4,2	9,8	32,8	56,7	18,9	59,6	713,6	2,12%
R.U.	154,9	48,9	195,8	696,1	11,2	22	97,3	78,4	252,7	78,3	131,5	1563,5	4,64%
P.Scandinaves	138,7	18,4	157,1	1897,9	118	5,7	72,3	215,1	142,8	17,8	174	1992,7	5,91%
P.Alpins	28,4	3,6	24	414	12,8	2,9	18,4	16,8	59,2	28,3	39,6	688,5	1,80%
Europe Mérid.	99,1	4,9	104	149,9	73,1	8,3	7,1	39,6	21,8	17,1	18,2	423,1	1,25%
TOTAL Europe	688,9	127,3	816,2	5793,1	268,5	57	471,6	779,4	1263,2	489,1	1832,3	18885,1	32,27%
URSS	8,3		8,3	19,9	38,8	8,1			1,6	0,5	8	61,2	0,18%
Eur. Est	8,7	8,7	1,4	28,3	1421,8				84,8	6,4	8,3	1345	4,58%
TOTAL COMECON	1	8,7	1,7	48,2	1468,6	8,1	8	8	88,4	6,9	8,3	1686,2	4,76%
Japon	4824,8	329	4353,8	2235,3	18,5		444,2	561,7	347,2	91,1	2122,1	18236,6	38,35%
Anzas	4,1	8,8	4,9	16,1	8	8,2	11,6	8,3	1,1	8,8	12,7	47,8	8,14%
Am.Latine	952,5	23,7	976,2	24	18,7	3,8	8,1	18,9	2,7	2,4	2	1848,8	3,89%
P.Orient	1,1		1,1	31,2	8,1						8,8	33,2	8,18%
Afrique	4,7		4,7	8,5	8,2				8,1	8,1	8	13,6	8,84%
Indonésie	8,1		8,1	8,8	8						3,6	4,5	8,81%
Inde	8,5	8,1	8,6	1,6	5,7				8,3	8,1	8,3	8,6	8,83%
Nains Béants	2595,3	164,3	2759,6	489,7	8,3	268,5	65,8	98,3	62,9	15	1135,2	4893	14,51%
Chine	21,2	8,2	21,4	13,3	2,3	4,8	8,1	8,2	8,4		148,1	182,6	8,54%
Autres Asie	121	5,4	126,4	16,5	8	1,7	1,8				77,2	223,6	8,66%
TOTAL Asie non ventilée	2738,1	178	2988,1	521,9	8,3	267	67,7	98,5	63,6	15,1	1356,4	5312,3	15,75%
MONDE	9829,4	1228,9	18258,3	9848,2	1766,1	685	1141	2252,1	2131,8	563,3	5183,1	33732,1	100,00%
Import (%)	26,77%	3,64%	38,41%	29,17%	5,24%	1,79%	3,38%	6,68%	6,32%	1,67%	15,13%	188,88%	

NETO	E.U.	Canada	Total A.N.	Total Eur. Occi	Total CONECON	Japon	Anzas	Afrique Latine	P.O.	Afrique	Total Asie(1)	MONDE	Export (2)
E.U.		2512,2	2512,2	7126,7	8,2	1118,8	779,5	1151,9	143,5	27,1	1276,1	14243	21,74%
Canada	922,7		922,7	162,7	8,6	19,4	15	22,6	7,3	1	19,4	1167,7	1,77%
TOTAL A.N.	922,7	2512,2	3434,9	7289,4	9	1137,2	794,5	1174,5	149,2	28,1	1295,5	15412,9	23,57%
France	172,4	16,4	188,8	2925,5	35,3	13,2	56,4	76,7	76,9	73,7	187,4	3456,7	5,28%
Belgique	752,2	2,1	77,3	618,7	1,6	7,8	12,9	1,8	5,5	11	19,2	733,8	1,13%
RFA	685,3	37,2	642,5	5159,4	61,5	54	105,9	32,2	33,7	12,5	170,4	6254,8	9,55%
Italie	472,2	57,6	529,8	1847,5	31,2	17,3	53,7	28,4	32,5	7,8	24,5	2592,7	3,96%
Pays Bas	126,8	8,1	134,9	1916,4	3,6	3,2	20,7	3,6	20,4	3,6	29,9	2127,3	3,25%
R.U.	585,8	86,1	671,9	6959,1	36,4	44,8	260,7	24,4	182,1	27,6	99,9	7326,9	11,19%
P. Scandinaves	139,9	25,9	216,7	1340,1	40,6	21	27,3	21,7	11,2	4,3	16,3	1729,7	2,64%
P. Alps	62,2	11	73,2	425,4	27,1	7,7	6,8	4,2	6,5	0,8	10,3	562,1	0,86%
Europe Merid.	103,3	1,9	105,7	803,3	9,8	14,3	13,5	32,2	4,6	1	6,7	992,4	1,52%
TOTAL Europe	2393,5	247,3	2640,8	21897,4	247,6	183,9	557,9	225,8	316,1	144,9	456,8	25781,4	39,36%
URSS			0	14,7	182,3				0,3	0,1	0,1	121	0,18%
Eur. Est	3,7	0,1	3,8	30,9	4568,8		0,1	0,1		1,1	4,7	4618,6	7,05%
TOTAL CONECON	3,7	0,1	3,8	43,6	4669,1	0	0,1	0,1	0,3	1,2	4,8	4739,6	7,24%
Japon	5695,3	312,7	5908	3412,4	31,8		475,7	143,7	73,4	4,2	1362,9	11410,3	17,42%
Anzas	11,2	0,6	11,8	27,2	4,7	5,2	11,5	0,1	0,2	0,1	31,5	92,3	0,14%
Am. Latine	335,5	14,6	350,1	68,5	19,3	119,4	49,3	15	0,2	0,3	62,4	684,5	1,04%
P. Orient	4	0,2	4,2	32	0						8,3	26,3	0,04%
Afrique	3,1		3,1	3,5	0						0	6,4	0,01%
Indonésie			0	0,3	0		0,2				0,3	0,9	0,00%
Inde	7,5		7,5	3,1	3	9,2	0,1				18,5	29,4	0,04%
Nains geants	3741	133,6	3874,6	1712,5	5,7	131,3	183	48,3	27,6	4,7	672,8	6718,6	10,24%
Chine	2,8	0,3	3,1	5	1,4	1,1	0,1				59,9	80,6	0,12%
Autres Asie	65,3	3,5	68,8	15,7	0	6	8,6				153,3	243,1	0,37%
TOTAL Asie	3817,1	134,4	3951,5	1737,5	7,1	188,6	184	48,3	27,6	4,7	912	7864,5	12,78%
non entilee			0	247,9	0		32,1				4,9	284,9	0,43%
MONDE	13186,1	3122,1	16308,2	73823,3	4998,6	1638,3	2125,1	1607,5	575,6	193,4	1234,1	65503,3	100,30%
Export (2)	20,13%	4,77%	24,98%	31,64%	7,52%	2,49%	3,21%	2,45%	3,93%	3,25%	6,46%	120,80%	

Comp. Active	E.U.	Canada	Total A.N.	Total Eur. Occ.	Total CONECON	Japon	Anzas	Amérique Latine	P.O.	Afrique	Total Asie (1)	MONRE	Export (2)
E.U.		761,6	761,6	1281,2	1,0	550,9	36	667,9	11,3	2	3484,6	6767,3	22,04%
Canada	270,3		270,3	22,7	0	12,2	2,3	3,2			29,0	336,5	1,10%
TOTAL A.N.	270,3	761,6	1031,9	1303,9	1,0	563,1	38,3	671,1	11,3	2	3480,4	7103,8	23,18%
France	106,3	9,4	115,7	1040,3	14	30	0,7	11,6	21,6	0,7	110,7	1361	4,43%
Belgique	2,2	0,1	2,3	152,1	3,2	1,3	0,1	0,7	4,1	0,7	6,4	170,9	0,56%
RFA	111,9	4,4	116,3	1290,1	29,7	40,3	23,6	40,4	13,0	0,9	254,4	1017,1	5,92%
Italie	42,2	1,6	43,8	527,4	3,0	2,7	2,9	7,7	4,7	0,4	61,4	659,2	2,15%
Pays Bas	37,3	4,4	41,9	642,5	9,7	0,2	4,0	27,3	20,7	27,2	107,6	905,0	2,94%
R.U.	220,0	10,2	247	1102,5	2,4	46,9	10,4	13,0	9,6	3,0	132,7	1377,1	5,14%
P. Scandinaves	7,4	0,7	0,1	79,9	2,7	6	10,3	14,1	0,0	0,0	22,6	145,2	0,47%
P. Alpines	7,7	0,0	0,5	300	11,7	1,6	4	1,6	7,7	0,3	23,3	416,2	1,45%
Europe Mérid.	22,0	0,4	23,2	107,9	12,4	0,1	0,6	0,9	0,6	1,6	0,0	236,1	0,77%
TOTAL Europe	566,0	40	606,0	5420,9	90	137,1	70,1	120,3	95	43,3	727,9	7316,6	23,03%
URSS	0,3		0,3	9,2	0	0,3					0	9,0	0,03%
Eur. Est	0,7		0,7	32,6	547,9				2,7		6,1	590	1,92%
TOTAL CONECON	1	0	1	41,0	547,9	0,3	0	0	2,7	0	6,1	597,0	1,95%
Japon	1620,1	59,0	1679,9	1360,6	14,7		63,0	229,7	16,7	2	3112	6407,4	21,13%
Anzas	1,7	0,5	2,2	5,4	0	0,2	0,7			0,1	1,0	10,4	0,03%
Am. Latine	304,7	3,4	308,1	54,7	7,2	0,0	0,2	0,7	0,1		9,2	461	1,50%
P. Orient	0,4		0,4	17,1	0						0,5	10	0,06%
Afrique	1,0		1,0	0,2	0						0,1	10,1	0,03%
Indonésie			0	2,5	0						136,5	139	0,49%
Inde			0	1	0						5,4	6,4	0,02%
Haïns Géants	1072,1	23,7	1097,0	915,7	5,9	305,9	35	20,6	1,5	0,7	1699,5	4773,7	16,20%
Chine	1,1	0,2	1,3	11,0	0						14	77,1	0,09%
Autres Asie	1010,3	2,6	1012,9	637,1	0	30,3	4,7				920,3	3421,3	11,14%
TOTAL Asie non ventilée	3603,5	20,5	3712	1560,1	5,9	424,2	39,7	70,6	1,5	0,7	2703,7	9567,5	27,94%
MONRE	6530,3	093,0	7424,1	9093	667,5	1125,7	217,0	1000,6	127,3	40,3	10144,0	30702	100,00%
Import (2)	21,27%	2,91%	24,10%	32,22%	2,17%	3,67%	0,71%	3,42%	0,41%	0,16%	33,04%	100,00%	

ANNEXE C

LA PRODUCTION EN VOLUME DE QUELQUES ARTICLES

- Tableau C.1** - Les récepteurs de T.V.
- Tableau C.2** - Les appareils radio-récepteurs
- Tableau C.3** - Les appareils de reproduction du son
- Tableau C.4** - Les transistors semi-conducteurs

Source : GERDIC d'après les données de l'ONU, *"Yearbook of industrial statistics"*, 1987.

Tableau C.1

Recepteurs TV (000)

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Etats Unis	10219	10851	9190	7534	7945	7863	9309	9534	10320	10683	10218	11506	13357
(%) :	21,22	26,72	17,72	15,52	14,12	13,52	15,32	14,72	14,32	14,22	14,02	14,82	15,72
Amerique Latine	2211	2757	3594	3077	3463	3729	4062	4444	5294	4612	4047	3138	3119
(%) :	4,62	5,32	6,52	6,32	6,12	6,42	6,72	6,92	7,32	6,02	5,62	4,02	3,52
Argentine	195	233	279	290	169	254	219	262	454	515	448	335	429
Bresil	1669	1480	1991	1607	1916	2078	2422	2747	3254	2516	2354	1857	1734
Chili	192	125	223	166	103	139	70	88	167	82	35	23	31
Mexique	456	518	547	569	729	699	767	647	964	978	786	479	467
Colombie	64	71	76	83	93	102	137	100	103	120	100	87	60
Japan	13638	12437	11674	16624	15163	14342	13116	13577	15205	14578	12776	13275	15512
(%) :	27,02	23,82	21,42	21,82	26,72	24,72	21,52	21,02	21,12	19,12	17,62	17,12	17,72
Reste du Japon	951	1654	2544	3136	4311	5753	7605	10652	13409	17790	16235	19049	25621
(%) :	2,02	3,22	4,92	6,42	7,62	9,92	12,82	16,42	16,62	23,32	22,32	24,52	28,52
Chine				178	230	285	517	1329	2492	5394	5920	6840	10040
Corée du Sud	308	816	1164	1225	2290	2990	4626	5967	6819	7546	6113	7641	9729
Singapour	84	114	195	397	486	560	726	1370	1889	2174	1516	1361	1345
Afrique	366	384	412	543	605	652	620	629	1138	1333	1562	1757	1796
(%) :	0,82	0,72	0,62	1,12	1,42	1,12	1,02	1,02	1,62	1,72	2,12	2,32	2,02
Algérie	24	43	36	48	54	51	60	69	94	145	174	194	225
Egypte	76	51	71	85	88	151	174	218	306	440	573	819	
Tunisie	25	26	31	35	45	53	69	73	88	95	100	115	124
Afrique du Sud				227	472	246	173	134	338	399	425	337	377
Europe Occidentale	12619	14176	14698	12463	13337	14584	14918	14395	15422	15417	16129	17197	16620
(%) :	24,92	27,22	28,42	23,62	23,62	25,12	24,52	22,72	21,42	20,22	22,22	22,12	19,02
dont CEE	16239	12004	12159	10009	10808	11569	12035	11333	11711	11467	11430	12361	11607
(%) :	21,22	23,02	23,52	20,62	19,12	19,92	19,72	17,52	16,22	15,02	15,72	15,92	13,22
Europe de l'Est	8184	6726	9299	9921	10660	9943	10127	10297	10444	11005	10850	11106	11497
(%) :	17,02	16,72	17,92	20,42	17,82	17,12	16,62	15,92	14,52	14,42	14,92	14,32	13,12
URSS	9960	6271	6569	6960	7063	7073	7165	7271	7328	8190	8345	8578	8978
TOTAL.....	48216	52194	51825	48695	56526	58081	60942	64776	72134	76502	72764	77800	87676

Tableau C.2

Radio-recepteurs (000)

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Etats Unis	15672	15665	12909	13406	12807	11252	11181	11741	7672	8446	8577	6298	9817
(%) :	12,5%	12,1%	9,8%	8,8%	8,6%	7,5%	8,1%	6,2%	4,2%	4,8%	6,1%	5,4%	6,2%
Amerique Latine	4547	5126	4937	3029	3024	8148	9496	9346	8953	7725	10731	11510	12425
(%) :	3,6%	4,0%	4,0%	2,6%	2,1%	5,4%	6,8%	6,5%	4,9%	4,4%	7,7%	7,5%	7,8%
Bresil	1170	1299	1185	649	759	6023	7387	6956	6769	5639			
Mexique	732	893	951	1036	1135	976	1126	1290	1629	893	663	413	357
Colombie	37	7	1	5	16	10	13	7	3	2	2	0	0
Japan	26233	24464	16026	14283	16770	17308	16278	13910	15343	15196	14318	13336	13589
(%) :	21,4%	18,9%	14,8%	12,1%	11,5%	11,5%	11,7%	9,7%	8,4%	8,7%	16,2%	6,7%	6,6%
Asie hors Japon	48590	54118	56477	54256	71541	63220	73221	60404	123458	118172	61966	93993	96115
(%) :	38,8%	41,7%	46,3%	45,9%	49,1%	55,4%	52,8%	56,0%	67,7%	67,5%	58,5%	61,5%	61,1%
Chine				9356	9925	10464	11677	13697	30036	40572	17239	19990	22203
Corée du Sud	1856	3272	3672	4464	6717	6404	4768	4772	3972	5240	5925	6719	7709
Hong kong	35434	37899	39391	39022	50491	53022	40902	40639	67476	51758	41296	47986	43372
Singapour	7296	8150	8986	7221	10737	9726	11717	16748	17070	16628	13461	15165	18246
Afrique	1020	994	1306	1730	1755	1764	1886	1954	2096	2111	1865	2096	2377
(%) :	0,8%	0,8%	1,1%	1,5%	1,2%	1,2%	1,4%	1,4%	1,1%	1,2%	1,3%	1,4%	1,5%
RSa						467	657	821	861	905	715	895	1161
Egypte	164	148	157	221	117	265	368	223	171	182	264	245	
Maroc	40	43		157	189	134	42	46	47	23	12	7	34
Europe Occidentale	15821	16413	15951	12410	14367	14995	12840	12288	10576	9254	9176	9615	8865
(%) :	12,6%	12,7%	13,1%	10,5%	9,9%	10,0%	9,3%	8,6%	6,0%	5,3%	6,6%	6,4%	5,6%
dont CEE	14332	14761	14046	10664	13036	13407	11223	10576	9767	8164	8202	8683	7825
(%) :	11,4%	11,4%	11,5%	9,2%	8,9%	8,9%	8,1%	7,7%	5,4%	4,7%	5,9%	5,7%	5,0%
Europe de l'Est	11976	11869	12306	12476	13049	13446	4927	8728	13523	13690	13069	13397	13828
(%) :	9,6%	9,2%	10,1%	10,5%	9,0%	6,9%	3,5%	6,1%	7,4%	7,8%	9,3%	6,6%	8,6%
TOTAL	125376	125678	122088	118274	145697	150240	138805	143461	182403	174942	140041	152761	157335

Tableau C.3

Reprod. au son (000)	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Etats Unis	2576	2736	2428	1491	1685	2330	2197	1941	1425	1184	914	487	533
(%) :	12,4%	12,7%	12,6%	9,3%	8,1%	11,5%	10,8%	10,9%	8,2%	6,5%	6,1%	2,9%	5,4%
Amerique Latine	1328	1317	1534	949	954	989	1063	1156	1096	788	675	668	530
(%) :	6,4%	6,1%	7,9%	5,9%	4,5%	4,9%	5,2%	6,5%	6,3%	4,3%	4,5%	3,9%	3,9%
Mexique	476	632	832	751	708	765	779	949	891	592	485	481	333
Colombie	3	3	4		7	17	14	21	0	2	2	1	
Chili		49	98	69	35	43	26	6					
Japon	8700	8537	7348	6071	5706	4724	10686	9420	10672	12072	9211	11566	10961
(%) :	41,9%	41,0%	36,0%	37,8%	46,5%	46,1%	52,7%	53,0%	61,6%	66,0%	61,5%	68,1%	63,5%
Asie (hors Japon)	240	275	256	586	1302	1466	1328	1026	753	892	866	1217	1635
(%) :	1,2%	1,3%	1,3%	3,6%	6,2%	7,2%	6,5%	5,8%	4,3%	4,9%	5,8%	7,2%	9,5%
Corée du Sud	20	63	80	419	1105	1086	946	617	358	532	551	916	1112
Afrique	18	14	18	7	6	6	6	9	31	27	12	26	29
(%) :	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%
Algérie	12	9	13	3	3	4	3	5	31	27	12		
Tunisie				4	3	2	3	0	0	0	0	0	0
Europe Occidentale	7186	7666	7096	6331	6517	5317	4679	3834	2949	2971	3084	2814	2961
(%) :	34,6%	35,5%	36,7%	39,4%	31,2%	26,3%	23,1%	21,6%	17,0%	16,3%	20,6%	16,6%	17,1%
dont CEE	6485	6876	6153	5294	5472	4273	4018	3513	2625	2807	2868	2677	2840
(%) :	31,2%	31,9%	31,8%	32,9%	26,2%	21,1%	19,8%	19,8%	15,1%	15,4%	19,2%	15,8%	16,4%
Europe de l'Est	571	599	526	536	451	373	300	369	370	312	171	162	198
(%) :	2,7%	2,8%	2,7%	3,3%	2,2%	1,8%	1,5%	2,0%	2,1%	1,7%	1,1%	1,0%	1,1%
TOTAL	20776	21581	19334	16077	20869	20228	20275	17763	17333	18283	14972	16979	17273

Tableau C.4

Transistor a SE (millions):

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Etats Unis	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801
(%) :	50,3%	23,6%	22,9%	35,4%	23,4%	20,6%	19,6%	16,9%	13,8%	10,3%	10,8%	8,5%	5,7%
Amerique Latine	2	2	6	81	100	150	208	264	185	312	325	360	375
(%) :	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,8%	1,1%	1,5%	1,6%	0,9%	1,2%	1,3%	1,1%	0,8%
Bresil	2	2	6		100	150	208	264	185	312			
Japon	4070	6380	6071	4574	6429	9892	10567	12281	16328	22001	21535	26377	42406
(%) :	50,6%	53,7%	49,6%	62,7%	70,2%	72,8%	73,9%	74,1%	80,4%	83,6%	63,5%	64,9%	66,7%
Asie hors Japon	321	1557	1972	1352	1679	1661	1858	2107	1963	2305	2025	2600	3766
(%) :	10,0%	13,1%	16,1%	18,5%	15,8%	13,7%	13,0%	12,7%	9,8%	8,5%	7,9%	8,6%	7,7%
Corée du Sud	242	1478	1873	1273	1820	1772	1779	2024	1904	2226	1945	2681	3690
Afrique													
(%) :	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Europe Occidentale	736	1019	1230	1670	1334	1386	1339	1566	1437	1514	1613	1580	1964
(%) :	7,9%	8,6%	10,0%	14,7%	11,1%	10,2%	9,4%	9,4%	7,1%	5,6%	6,2%	4,8%	4,0%
dont CEE	60	806	990	896	1156	1154	1106	1314	1115	1222	1375	1257	1610
(%) :	0,6%	6,8%	8,1%	12,3%	9,7%	8,5%	7,7%	7,9%	5,5%	4,5%	5,3%	3,8%	3,3%
Europe de l'Est	67	101	125	183	226	267	310	341	341	280	274	267	343
(%) :	0,9%	0,8%	1,0%	2,5%	1,9%	2,0%	2,2%	2,1%	1,7%	1,0%	1,1%	0,9%	0,7%
TOTAL	5232	11864	12243	7292	11978	13581	14367	16586	20299	27098	25821	33090	48903

Annexes - 28

ANNEXE D

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES DE LA SPECIFICATION EN ELECTRONIQUE (*)

Annexes - 29

MATRICE de CORRELATION

	INFO	BURE	INST	COMM	TELE	MEDI	INDU	EGF	COMP	COMA
INFO	1.00									
BURE	0.07	1.00								
INST	0.01	0.08	1.00							
COMM	-0.02	-0.01	0.24	1.00						
TELE	0.02	-0.30	0.14	0.24	1.00					
MEDI	-0.17	0.03	0.37	0.60	0.06	1.00				
INDU	-0.09	-0.11	0.32	0.37	0.60	0.34	1.00			
EGF	-0.38	0.15	-0.17	-0.50	-0.17	-0.36	-0.05	1.00		
COMP	-0.04	0.21	-0.12	-0.17	-0.19	0.15	-0.08	0.32	1.00	
COMA	-0.41	-0.14	-0.50	-0.36	-0.53	-0.32	-0.54	0.02	-0.25	1.00

ANALYSE en COMPOSANTES PRINCIPALES

VARIABLE		MOYENNE	ECART-TYPE
INFO	1	20.13	12.85
BURE	2	1.85	1.61
INST	3	9.24	7.41
COMM	4	8.57	6.91
TELE	5	15.34	10.21
MEDI	6	2.57	3.64
INDU	7	1.27	0.84
EGF	8	14.19	10.45
COMP	9	12.99	5.39
COMA	10	13.84	19.98

(*) Le logiciel utilisé est LOGMAD de M. Philippe MICHEL, I.U.T. de RENNES I

REPRESENTATION des INDIVIDUS

Annexes - 31

Coordonnee de la variable = ligne 1
 Cosinus carre avec l'axe = ligne 2
 Contribution a l'inertie de l'axe = ligne 3

VARIABLE	AXE : 1	AXE : 2	AXE : 3	AXE : 4	AXE : 5	AXE : 6	AXE : 7	AXE : 8	AXE : 9	AXE : 10
FRN	-0.57	-0.67	0.45	-0.70	-0.75	-0.45	-0.68	-0.34	0.27	-0.00
	0.11	0.16	0.07	0.17	0.20	0.07	0.16	0.04	0.03	0.00
	0.36	0.93	0.48	1.19	2.09	0.95	4.11	1.09	1.07	0.45
BELE	-0.11	-0.19	-0.82	-1.07	0.43	-0.62	-0.19	0.40	-0.25	-0.00
	0.00	0.01	0.25	0.42	0.07	0.14	0.01	0.06	0.02	0.00
	0.01	0.08	1.58	2.79	0.68	1.81	0.33	1.53	0.96	1.16
BNE	-2.04	-1.07	1.86	1.65	-0.88	-2.14	-0.35	0.51	-0.43	-0.00
	0.24	0.07	0.20	0.16	0.04	0.26	0.01	0.02	0.01	0.00
	4.58	2.35	8.13	6.67	2.86	21.80	1.11	2.56	2.71	0.39
ESPA	0.17	0.99	-0.51	-1.67	0.45	-0.01	0.58	0.09	-0.99	0.00
	0.01	0.17	0.05	0.50	0.04	0.00	0.06	0.00	0.17	0.00
	0.03	2.00	0.60	6.78	0.90	0.00	2.99	0.07	14.42	3.87
FRGN	-1.05	1.18	0.48	-0.25	0.60	0.25	0.86	0.93	0.67	-0.00
	0.21	0.26	0.04	0.01	0.07	0.01	0.14	0.16	0.09	0.00
	1.21	2.83	0.54	0.16	1.32	0.30	6.60	8.16	6.56	3.29
IREL	0.56	0.87	1.39	-3.03	0.79	-0.98	0.01	-0.96	-0.14	-0.00
	0.02	0.05	0.13	0.63	0.04	0.07	0.00	0.06	0.00	0.00
	0.35	1.53	4.48	22.46	2.30	4.58	0.00	8.67	0.30	5.61
ITAL	-1.01	0.75	0.47	-1.23	-0.36	0.37	0.11	-0.48	-0.04	0.00
	0.27	0.15	0.06	0.40	0.03	0.04	0.00	0.06	0.00	0.00
	1.11	1.15	0.52	3.68	0.47	0.65	0.11	2.17	0.02	0.00
PB	-0.41	-1.21	2.59	-0.38	-1.24	1.30	-1.26	-0.28	-0.58	0.00
	0.01	0.11	0.49	0.01	0.11	0.12	0.12	0.01	0.02	0.00
	0.19	3.02	15.72	0.35	5.69	8.05	14.17	0.72	5.04	4.47
RU	-1.38	0.50	0.45	-0.54	-0.21	0.02	0.54	-0.54	1.03	-0.00
	0.44	0.06	0.05	0.07	0.01	0.00	0.07	0.07	0.24	0.00
	2.11	0.51	0.47	0.72	0.16	0.00	2.56	2.81	15.55	1.68
AUTR	0.19	-1.49	-0.85	0.33	0.29	-0.93	-0.68	0.16	0.19	0.00
	0.01	0.48	0.16	0.02	0.02	0.19	0.10	0.01	0.01	0.00
	0.04	4.52	1.70	0.26	0.32	4.14	4.17	0.23	0.51	1.75
FINL	-0.83	0.18	-0.51	-0.39	0.09	-1.08	0.49	-0.11	-0.13	0.00
	0.27	0.01	0.10	0.06	0.00	0.45	0.09	0.01	0.01	0.00
	0.77	0.07	0.61	0.37	0.03	5.55	2.14	0.13	0.24	0.31
NORV	-2.04	1.72	-0.62	-1.53	-0.59	-0.51	0.07	-0.54	0.29	0.00
	0.39	0.27	0.04	0.22	0.03	0.02	0.00	0.03	0.01	0.00
	4.60	6.04	0.69	5.70	1.29	1.25	0.04	2.81	1.27	13.52
SLED	-1.65	0.86	-0.65	-0.16	0.33	-0.32	-0.92	1.44	-0.41	-0.00
	0.38	0.10	0.06	0.00	0.02	0.01	0.12	0.29	0.02	0.00
	3.00	1.52	0.98	0.06	0.41	0.48	7.63	19.78	2.50	4.30
SUIS	-0.65	-1.71	-0.92	0.96	-2.56	-0.89	0.45	-0.74	0.32	-0.00
	0.03	0.22	0.06	0.07	0.49	0.06	0.02	0.04	0.01	0.00
	0.46	5.96	1.98	2.26	24.21	3.75	1.84	5.22	1.52	1.50

Annexes - 32

CAN	-1.16	0.83	0.20	-0.28	-0.34	0.86	-0.10	0.80	-0.09	0.00
	0.37	0.19	0.01	0.02	0.03	0.20	0.00	0.18	0.00	0.00
	1.48	1.40	0.09	0.20	0.42	3.52	0.09	6.13	0.11	2.38
EU	-1.08	0.23	2.04	-0.61	-0.55	1.23	0.69	0.62	0.75	0.00
	0.14	0.01	0.48	0.00	0.54	0.18	0.06	0.04	0.07	0.00
	1.25	0.11	9.75	0.00	1.14	7.20	4.31	3.63	6.28	0.04
JAP	1.44	-1.69	0.88	-0.29	-0.22	1.07	-0.17	-0.01	-0.28	0.00
	0.29	0.40	0.11	0.01	0.01	0.16	0.06	0.00	0.01	0.00
	2.27	5.84	1.82	0.21	0.18	5.40	0.25	0.00	1.18	0.36
CORE	2.21	-0.61	-1.06	0.39	0.55	-0.28	0.45	0.22	-0.29	-0.36
	0.68	0.05	0.15	0.02	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00
	5.38	0.77	2.61	0.37	1.10	0.38	1.80	0.45	1.21	0.11
HONG	-1.45	-1.88	-0.35	-0.09	-0.50	1.68	0.97	-0.18	-0.36	-0.00
	0.21	0.36	0.01	0.00	0.03	0.28	0.09	0.00	0.01	0.00
	2.31	7.25	0.29	0.02	0.93	13.46	6.39	0.32	1.86	0.64
SING	2.60	-0.87	0.83	-0.47	1.27	-0.63	-0.37	-0.10	0.49	-0.00
	0.63	0.07	0.06	0.02	0.15	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00
	7.42	1.53	1.62	0.53	5.94	1.87	1.21	0.10	3.54	0.50
TAIW	1.98	-2.24	-0.32	0.08	1.81	-0.25	-0.11	0.11	0.74	0.00
	0.30	0.39	0.01	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
	4.30	16.23	0.24	0.02	12.19	0.29	0.10	0.12	8.13	15.18
INDO	1.11	-0.45	-0.31	0.64	0.13	0.66	-0.45	0.31	0.67	-0.00
	0.39	0.07	0.03	0.13	0.01	0.14	0.06	0.03	0.14	0.00
	1.36	0.42	0.23	1.01	0.06	2.08	1.81	0.93	6.70	10.66
MALA	2.86	2.39	0.04	1.61	-0.06	-0.22	-0.26	-0.26	0.20	0.00
	0.49	0.34	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9.02	11.70	0.00	6.32	0.01	0.24	0.62	0.63	0.57	14.55
PHIL	3.00	2.89	0.31	1.77	-0.36	0.00	-0.84	-0.28	0.17	-0.00
	0.42	0.39	0.00	0.15	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
	9.88	17.05	0.23	7.67	0.49	0.00	6.34	0.74	0.41	2.57
THAI	2.74	1.87	0.23	1.17	-0.82	0.13	0.70	-0.20	-0.69	-0.00
	0.53	0.25	0.00	0.10	0.05	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00
	8.27	7.12	0.12	3.35	2.50	0.08	4.34	0.38	6.91	1.75
SAFR	-2.19	0.23	-3.52	0.04	0.35	1.42	-1.20	-0.93	0.01	-0.00
	0.22	0.00	0.57	0.00	0.01	0.09	0.07	0.04	0.00	0.00
	5.29	0.11	28.93	0.00	0.46	9.60	12.83	8.28	0.00	2.20
AUST	-1.88	0.54	-1.10	0.57	-0.25	0.40	0.10	1.01	0.10	0.00
	0.53	0.04	0.18	0.05	0.01	0.02	0.00	0.15	0.00	0.00
	3.89	0.59	2.80	0.80	0.24	0.74	0.09	9.66	0.16	4.06
BRES	1.31	-0.87	-0.07	-0.88	0.74	0.11	0.14	0.43	-0.52	-0.00
	0.40	0.18	0.00	0.18	0.13	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
	1.89	1.55	0.01	1.87	2.05	0.06	0.17	1.74	4.06	2.60
INCE	0.38	-0.93	-1.93	0.66	-0.87	-0.52	0.92	0.01	-0.22	0.00
	0.02	0.12	0.53	0.06	0.11	0.04	0.12	0.00	0.01	0.00
	0.16	1.78	8.72	1.07	2.79	1.28	7.51	0.00	0.71	0.44
ISRA	-3.92	-0.12	1.29	3.08	2.69	0.32	0.51	-1.08	-0.49	-0.00
	0.43	0.00	0.05	0.27	0.20	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00
	16.95	0.03	3.89	23.12	26.78	0.46	2.34	10.98	3.52	0.10

Annexes - 33

REPRESENTATION des VARIABLES

Coordonnee de la variable = ligne 1
 Cosinus carre avec l'axe = ligne 2
 Contribution a l'inertie de l'axe = ligne 3

VARIABLE	AXE : 1	AXE : 2	AXE : 3	AXE : 4	AXE : 5	AXE : 6	AXE : 7	AXE : 8	AXE : 9	AXE : 10
INFO	-0.16	0.08	0.31	-0.90	0.12	-0.05	0.10	-0.17	-0.07	-0.00
	0.02	0.01	0.10	0.81	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00
	0.80	0.42	6.85	59.42	1.68	0.40	2.74	7.82	2.03	17.64
SURE	0.09	-0.58	0.45	-0.09	-0.36	0.53	-0.18	0.03	-0.02	-0.00
	0.01	0.33	0.20	0.01	0.13	0.28	0.03	0.00	0.00	0.00
	0.30	20.47	14.10	0.66	14.66	39.98	9.16	0.26	0.13	0.28
INST	-0.59	-0.19	0.12	0.03	-0.60	-0.47	-0.04	0.09	0.11	-0.00
	0.35	0.04	0.01	0.00	0.35	0.23	0.00	0.01	0.01	0.00
	11.44	2.31	1.03	0.07	39.40	32.11	0.43	2.08	5.21	5.93
COMI	-0.72	0.17	0.33	0.27	0.15	0.28	0.34	0.17	0.15	-0.00
	0.52	0.03	0.11	0.07	0.02	0.08	0.12	0.03	0.02	0.00
	17.28	1.68	7.49	5.48	2.35	11.15	31.57	8.12	9.73	5.15
TELE	-0.62	0.15	-0.61	-0.18	0.10	0.17	-0.24	0.28	-0.09	-0.00
	0.39	0.02	0.38	0.03	0.01	0.03	0.06	0.08	0.01	0.00
	12.85	1.38	28.32	2.45	1.11	3.96	15.36	21.76	3.54	11.26
MEDI	-0.64	-0.15	0.39	0.45	0.20	-0.13	-0.08	-0.12	-0.31	-0.00
	0.41	0.02	0.15	0.24	0.04	0.02	0.01	0.01	0.10	0.00
	13.56	1.32	10.52	17.81	4.54	2.39	1.71	3.92	42.80	1.43
INDU	-0.73	-0.13	-0.45	0.11	-0.04	0.18	-0.04	-0.43	0.14	-0.00
	0.53	0.02	0.20	0.01	0.00	0.03	0.00	0.18	0.02	0.00
	17.50	0.99	14.22	0.88	0.16	4.66	0.50	52.02	8.98	0.08
ESP	0.47	-0.59	-0.51	0.14	-0.15	0.02	0.32	-0.00	-0.15	-0.00
	0.22	0.35	0.26	0.02	0.02	0.00	0.10	0.00	0.02	0.00
	7.41	21.50	18.16	1.36	2.43	0.06	27.94	0.00	9.34	11.78
COMP	0.13	-0.76	0.08	0.02	0.55	-0.19	-0.13	0.06	0.19	-0.00
	0.02	0.58	0.01	0.00	0.30	0.04	0.02	0.00	0.04	0.00
	0.53	35.84	0.44	0.04	33.50	5.04	4.70	1.03	15.74	3.14
COMA	0.75	0.48	0.11	0.40	-0.04	0.04	-0.15	-0.10	0.08	-0.00
	0.56	0.23	0.01	0.16	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00
	18.33	14.11	0.87	11.84	0.15	0.24	5.89	2.98	2.49	43.11