

N° 1181

ASSEMBLÉE NATIONALE

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

NEUVIÈME LEGISLATURE

Annexe au procès-verbal
de la première séance après le 22 décembre 1989.

N° 180

SÉNAT

PREMIÈRE SESSION EXTRAORDINAIRE DE 1989-1990

Rattaché pour ordre au procès-verbal
de la séance du 22 décembre 1989.
Enregistré à la présidence du Sénat le 12 février 1990.

**OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES**

RAPPORT

sur l'évolution de l'industrie des semi-conducteurs,

PAR M. LOUIS MEXANDEAU,

Député.

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale
par M. JEAN-YVES LE DRAUT,
Président de l'Office.

Déposé sur le Bureau du Sénat
par M. JEAN FAURE,
Vice-Président de l'Office.

SOMMAIRE

	<i>Pages</i>
SAISINE DE L'OFFICE	9
AVANT-PROPOS : UN ENJEU CAPITAL	11
INTRODUCTION	15
I. LES SEMI-CONDUCTEURS : ÉLÉMENTS TECHNIQUES ..	19
1. Terminologie	19
2. Les propriétés spécifiques des matériaux semi-conducteurs	20
3. Qu'est-ce qu'un semi-conducteur ?	21
4. Eléments d'explication des propriétés des semi-conducteurs	22
5. Les circuits intégrés	24
6. Les microprocesseurs	28
7. Les domaines d'utilisation des semi-conducteurs ..	29
8. Aperçus sur les techniques de fabrication des circuits intégrés et des microprocesseurs	29
8.1 <i>La fabrication des matériaux semi-conducteurs</i>	30
8.2 <i>L'étape de la diffusion</i>	31
8.3 <i>Les étapes de test et de conditionnement</i>	33
8.4 <i>Un ensemble de technologies clés</i>	33

9. Les circuits intégrés du futur	34
9.1 <i>Le règne perpétué du silicium</i>	34
9.2 <i>La stagnation de l'arséniure de gallium</i>	34
9.3 <i>L'intégration maximale avec les</i> <i>composants quantiques</i>	35
9.4 <i>La nouvelle voie des composants</i> <i>macromoléculaires</i>	35
9.5 <i>La supraconductivité</i> <i>et les jonctions Josephson</i>	36
9.6 <i>Les conditions de l'avenir</i>	37
II.- L'AFFIRMATION DE LA DOMINATION JAPONAISE : LE MARCHÉ DES SEMI-CONDUCTEURS ET LES ENTREPRISES	39
1. La domination japonaise	40
2. Le déclin américain	41
3. La faiblesse relative de l'industrie européenne	42
4. L'émergence des NPI	43
5. La place des grands constructeurs d'ordinateurs ..	48
III.- MARCHÉS ACTUELS ET MARCHÉS DU FUTUR POUR LES SEMI-CONDUCTEURS	45
1. La micro-informatique	46
2. Mini-ordinateurs et «mainframes»	49
3. L'électronique «audio»	51
4. La carte à puce	52
5. Les télécommunications et le radiotéléphone	54
6. L'automobile	55

7. La domotique	55
8. L'audio-visuel et la télévision haute définition	57
9. Une importance stratégique	57
IV.- LES CARACTÉRISTIQUES ÉCONOMIQUES DU MARCHÉ DES SEMI-CONDUCTEURS	59
1. Une industrie nécessitant des investissements très lourds, en recherche et développement et en production ...	59
2. La nécessité d'une part suffisante du marché mondial	59
3. Un marché cyclique	60
4. Vers une nouvelle crise de l'industrie des semiconducteurs ?	61
V.- LA COURSE DE VITESSE DANS L'INDUSTRIE MONDIALE DES SEMI-CONDUCTEURS	63
1. La course de vitesse pour les mémoires dynamiques	64
2. La course à la puissance et à la vitesse pour les microprocesseurs	67
3. Les circuits intégrés spécifiques	70
VI.- LA SITUATION DES ENTREPRISES FRANÇAISES	73
1. Historique : l'évolution du secteur et la politique des pouvoirs publics de 1966 à 1986	73
2. SGS-Thomson	82

3. MATRA MHS	89
4. ES2	93
5. Les filiales d'entreprises étrangères	93
VII. RESTRUCTURATIONS, ALLIANCES ET NOUVEAUX COMPÉTITEURS : L'INTENSIFICATION DE LA CONCURRENCE	97
1. La nouvelle priorité «semi-conducteurs» des grands groupes européens	98
1.1 <i>Le recentrage de Philips</i>	98
1.2 <i>La nouvelle détermination de Siemens pour les semi-conducteurs</i>	100
2. Autres mouvements stratégiques dans le secteur	103
2.1 <i>Regroupements</i>	103
2.2 <i>Entreprises à vendre et nouveaux entrants</i>	104
2.3 <i>Avantage aux grands groupes</i>	104
2.4 <i>Le prix de l'avenir</i>	107
VIII. LES POLITIQUES AMÉRICAINE ET JAPONAISE DANS LE DOMAINE DES SEMI-CONDUCTEURS	109
1. La politique japonaise : une approche coordonnée et à long terme des marchés	110
1.1 <i>Le couple recherche-marketing</i>	110
1.2 <i>Les plans japonais pour les semi-conducteurs</i>	112
1.3 <i>Une répartition des rôles efficace entre pouvoirs publics et entreprises privées</i>	116

2. La politique américaine : aides à la recherche, pressions protectionnistes et regroupement des forces ..	117
2.1 <i>Aides à la recherche</i>	117
2.2 <i>Pressions protectionnistes</i>	117
2.3 <i>Consortiums de recherche</i>	118
2.4 <i>US Memories</i>	120
IX.- LES POLITIQUES FRANÇAISES ET EUROPÉENNES POUR LES SEMI-CONDUCTEURS	123
1. La politique française	123
1.1 <i>Budget et Recherche</i>	123
1.2 <i>Les Plans Formation à la microélectronique</i>	124
1.3 <i>Quelle mission pour le CEA ?</i>	128
1.4 <i>Les pouvoirs publics et SGS-Thomson</i>	128
2. Les relations Europe-Japon	132
2.1 <i>L'accord anti-dumping CEE-Japon</i>	132
2.2 <i>Le Japon fournisseur de technologies : une stratégie offensive</i>	133
3. La coopération européenne	135
3.1 <i>Le programme-cadre de recherche-développement</i>	135
3.2 <i>Le programme ESPRIT</i>	137
3.3 <i>JESSI : un programme capital</i>	139
CONCLUSION GÉNÉRALE	151
RECOMMANDATIONS	153

ANNEXES	155
<i>Avis du Conseil scientifique</i>	155
<i>Examen par la Délégation</i>	156
MISE A JOUR	157
PERSONNALITÉS RENCONTRÉES ET SOURCES D'INFORMATIONS	159

SAISINE DE L'OFFICE PARLEMENTAIRE D'EVALUATION DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

Le progrès de l'automatisation et la généralisation des dispositifs utilisant l'intelligence artificielle promettent aux applications de l'électronique un rôle déterminant dans les décennies à venir.

Le secteur de l'électronique représente, au plan mondial, outre un important potentiel de production, une capacité de recherche et développement très étendue, où dominent trois pôles géographiques : le Japon, les Etats-Unis et l'Europe. Aucun pays dans chacune de ces trois zones ne peut se désintéresser des enjeux des techniques électroniques du proche avenir.

Dans cette perspective, le Bureau de l'Assemblée nationale, à la demande du Groupe Socialiste, saisit l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, afin qu'il recense ces enjeux, examine comment ils intéressent les trois pôles dominants de ce secteur, et envisage plus spécifiquement la stratégie qui doit être celle de l'Europe, à l'intérieur de laquelle la France a des spécificités à faire valoir. Ainsi :

1.- un état des techniques d'élaboration des semi-conducteurs à haute intégration pourra être dressé, permettant d'explorer les principales questions dans ce domaine : quels sont les matériaux de l'avenir, quelles techniques permettront de franchir le seuil micronique, quelles perspectives d'intégration peut-on escompter pour les mémoires à semi-conducteurs ?

2.- tirant parti des enseignements de la période récente, une analyse des positions respectives des trois zones géographiques du Japon, des Etats-Unis et de l'Europe sur les marchés mondiaux des semi-conducteurs, tant en matière de production que de recherche, permettra d'esquisser les évolutions des prochaines décennies.

3.- réduisant le champ au contexte plus spécifiquement européen, un examen des forces et faiblesses des positions des pays de la Communauté sur ces marchés pourra conduire à quelques recommandations, notamment en matière de stratégie industrielle et de regroupement d'entreprises.

Sur le plan exclusivement français, un bilan des développements obtenus dans le domaine de la carte à mémoire permettra d'évaluer le degré de maturité de cette technique, d'examiner si elle constitue effectivement un atout de notre pays et de suggérer des diversifications pour ses applications.

Avant-Propos

UN ENJEU CAPITAL

Il est ici question d'une guerre - une guerre économique - qui semble perdue d'avance avant d'avoir été déclarée.

Elle concerne un secteur, l'électronique qui, dans dix ans, pèsera plus lourd que celui de l'automobile. Mais à la différence de l'automobile européenne qui trouve de justes et bruyants défenseurs, l'électronique - et singulièrement les semi-conducteurs dont l'existence même commence seulement à être perçue par la plupart de nos contemporains - n'est prise en compte que par des spécialistes, journalistes ou responsables des firmes françaises ou européennes (l'emploi du pluriel commence à être abusif) ou par des rapports voués pour la plupart à l'indifférence.

En sera-t-il de même pour celui-ci ?

Il voudrait pourtant résonner comme un cri d'alarme tant la détérioration des positions européennes et américaines est grave devant l'offensive japonaise et asiatique.

Les raisons de cette évolution qui a dépassé les limites de l'inquiétant ?

1.- D'abord la vitesse des changements technologiques illustrée par la remarque d'un ingénieur allemand: "si, pendant ces vingt dernières années, le progrès technique avait été aussi rapide dans l'automobile que dans les semi-conducteurs en matière de miniaturisation, d'amélioration des performances et de coûts de production, une voiture particulière pèserait aujourd'hui 5 kg, roulerait à 5 000 km /heure et coûterait 5 francs".

2.- Ensuite le fait que l'industrie des semi-conducteurs devient une industrie de masse pour un grand nombre de produits. Il existe encore, mais de moins en moins, des "réserves indiennes" pour tels produits "pointus" à application spécifique. Mais, comme les autres, elles se rétrécissent. C'est que le rôle stratégique de l'industrie des semi-conducteurs ne cesse de croître. C'est une réalité permanente

pour les applications militaires mais désormais ce rôle envahit des pans entiers de la panoplie industrielle (informatique, bureautique, monétique, télécommunications, automobile, domotique, audiovisuel, télévision haute définition, etc.). Comme le souligne le rapport, "les semi-conducteurs sont liés aux produits et services d'avenir".

Or les caractéristiques de cette industrie : investissements énormes en recherche et développement pouvant atteindre 20 % du chiffre d'affaires, évolution cyclique du marché qui exige la capacité d'absorber les à-coups, production de masse et rapidité de croissance pour posséder une part minimale du marché mondial, favorisent les firmes japonaises et leur haut degré d'intégration.

S'y ajoute le comportement japonais (constaté et dénoncé dans d'autres secteurs industriels), et qui relève de l'art de la guerre et dont la pratique du dumping et des prix cassés constitue le fer de lance.

En bref il s'agit d'une guerre totale, acharnée et sans répit, dont l'objectif ne peut être que la domination sans partage sur les secteurs d'avenir.

Les résultats sont éloquentes. Irrésistiblement les sociétés américaines ou européennes rétrogradent au profit des Japonais auxquels s'ajoutent désormais les Coréens. Le classement mondial révèle ainsi que le parcours d'une firme comme Texas Instruments qui fut longtemps numéro 1 mondial ressemble à une descente aux enfers. Elle n'était plus que n° 4 (derrière trois Japonais) en 1987, elle n'est plus qu'au 6ème rang et il n'y a plus un seul européen dans les dix premiers. Quant au déficit de la balance commerciale européenne, il est de 200 milliards de francs pour l'électronique, dont 25 milliards de francs pour les seuls composants électroniques actifs.

Pourtant ce rapport se refuse de conclure à la résignation et encore moins à la reddition.

Pour l'Europe et pour la France, les conditions de la restauration de nos positions passent, par delà la prise de conscience, par quelques démarches simples:

1.- la priorité donnée par les pouvoirs publics à l'industrie des semi-conducteurs à cause de son caractère stratégique dans les

domaines militaire et économique. Ce qui revient à soutenir nos firmes et notamment le seul généraliste qui demeure (encore est-il franco-italien) SGS-Thomson si on veut voir exister Thomson à la fin du siècle dans les pôles stratégiques que sont l'électronique de défense et l'électronique grand-public. Les gouvernements français (et italien) sont d'autant plus condamnés à soutenir cette société qu'elle ne dispose que de faibles ressources propres et qu'elle n'est pas assurée de voir s'affermir la solidarité européenne.

2.- Car l'exigence d'une coopération européenne renforcée doit/devrait être une exigence fondamentale.

Pour avoir bataillé pendant 5 ans comme ministre des P.T.T. pour la création d'un pôle électronique européen aux côtés des pôles japonais et américain, je me réjouis de la mise en place des grands programmes communautaires et en particulier des programmes ESPRIT et JESSI-EURÉKA.

Encore faut-il que le renforcement de la coopération (elle se constate en France où l'on voit à Grenoble les centres de recherche et les opérateurs industriels, le C.N.E.T. et SGS-Thomson établir une coopération étroite) soit en Europe une volonté partagée.

Non seulement aucune économie ne peut être faite sur la gestion de JESSI mais il importe de mettre en place une structure efficace de management, des processus de décision acceptés par les entreprises et les pouvoirs publics, de favoriser l'intégration des entreprises du secteur au programme JESSI, de veiller à ce que les accords avec les entreprises non-européennes ne soient pas incompatibles avec la coopération au sein de JESSI.

Enfin, les gouvernements contribuant au financement de JESSI pourraient passer un contrat d'objectifs généraux et planifiés avec JESSI et ses parties prenantes, sur le modèle des contrats de Plan pour les entreprises publiques françaises. Une instance gouvernementale réexaminerait tous les deux ans les modalités de son aide, en fonction des résultats obtenus par référence aux engagements pris.

C'est à ce prix - et à ce prix seul - que nous pouvons espérer rétablir, à terme, des positions concurrentielles. Je souhaite que tous les parlementaires français agissent pour la réalisation de tels objectifs. Cela est d'autant plus nécessaire que la concurrence

asiatique s'affirme, qu'on nous promet une invasion de la domotique japonaise pour les prochaines années.

Il est à craindre hélas que la volonté européenne ne soit pas à la hauteur des enjeux.

Ici ou là, on doit penser que pour éviter un Pearl Harbour de l'électronique, il faut un front commun entre l'Europe et les États-Unis.

J'observe que Siemens qui poursuit obstinément le rêve insensé du champion solitaire vient de passer un accord avec I.B.M. pour la production de puces 64 mégabits et que JESSI vient d'ouvrir la porte au géant américain.

Face à des attitudes qui rappellent l'égoïsme, vaniteux mais impuissant, des cités grecques refusant de s'unir pour résister à Rome (mais les tribus gauloises furent également exemplaires en matière de désunion), peut-on rappeler que seules sont assurément perdues les batailles qu'on a refusé de livrer ?

INTRODUCTION

En 1987, un grand constructeur français de matériel de télécommunications passe commande à un fabricant étranger de semi-conducteurs, de circuits intégrés spécifiques pour ses centraux téléphoniques à commutation temporelle. Quelques mois après, on retrouve les mêmes circuits dans les centraux du fournisseur.

En 1988, un fabricant d'équipements électroniques veut passer commande de circuits intégrés d'un certain type. Son fournisseur habituel tarde à lui donner une réponse et, devant les relances dont il fait l'objet, impose l'achat de circuits intégrés supplémentaires.

Le caractère stratégique des semi-conducteurs est reconnu depuis longtemps pour les systèmes d'armes, l'aéronautique, l'espace.

Les semi-conducteurs, désormais, ont aussi ce caractère dans la compétition économique internationale.

Le marché des semi-conducteurs connaît une expansion considérable. Il représentait 45 milliards de \$ de ventes en 1988, selon WSTS. Sa croissance a été de 37 % en 1988 par rapport à l'année précédente, contre 25 % en 1987.

Les applications des circuits intégrés logiques, des mémoires ou des autres composants actifs à base de semi-conducteurs se multiplient. Les « puces » dont les performances en puissance de calcul ou de stockage de l'information et la miniaturisation s'améliorent sans cesse, envahissent les biens de consommation durables et les biens d'équipement. Les semi-conducteurs sont au coeur de l'informatique, des télécommunications, de l'électronique professionnelle ou grand public. Ils trouvent des applications nouvelles dans d'autres produits dont l'électronique est souvent un « plus » fonctionnel et marketing essentiel. Les semi-conducteurs sont aussi au coeur des processus de fabrication automatisés modernes.

L'affaiblissement des industriels américains et européens est patent. Les entreprises japonaises détiennent 50 % du marché mondial des semi-conducteurs. Dans des créneaux porteurs comme les mémoires de forte capacité (1 mégabit), le Japon détient 90 % du marché. Les trois premiers fabricants de semi-conducteurs sont

japonais (NEC, Toshiba, Hitachi) et totalisent 12 milliards de \$ de chiffre d'affaires, en 1988. Les autres entreprises japonaises du secteur connaissent des taux de croissance très supérieurs en moyenne à ceux de leurs concurrents étrangers.

Les entreprises américaines qui, au début des années 80 occupaient les premières places, se sont considérablement affaiblies en valeur relative ; la force d'IBM non comptabilisée dans les statistiques -la firme produit des semi-conducteurs pour ses seuls besoins-, contribue à modérer cette appréciation. Les entreprises américaines produisant pour le marché ont perdu leur prééminence. Texas Instruments qui était première en 1982 n'est plus que 5ème en 1988. Motorola, 2ème en 1982, n'est que 4ème en 1988. Les producteurs américains étaient au nombre de 6 dans les 10 premiers en 1982. Ils ne sont plus que 3 en 1988.

La place des entreprises européennes et françaises apparaît à l'heure actuelle et malgré de nombreux efforts, sans rapport avec le rang de l'Europe sur les plans économique et technologique. Le premier producteur européen, Philips apparaît en 10ème place du classement mondial, pour un chiffre d'affaires de 1,8 milliard de \$. SGS-Thomson est en 12ème place avec un chiffre d'affaires de 1,2 milliard de \$ après le rachat d'INMOS et Siemens à la vingtième place avec un CA de 0,8 milliard de \$. En Europe, après les trois grands -Philips, SGS-Thomson et Siemens-, on trouve d'autres producteurs, mais de tailles beaucoup plus réduites.

La taille critique minimale indispensable pour jouer un rôle à l'échelle mondiale dans l'industrie mondiale des semi-conducteurs est d'un milliard de \$. Seul un chiffre d'affaires de cet ordre permet d'assumer les frais de la recherche et du développement approfondis indispensables à cette activité. Seule une surface économique importante permet de supporter, grâce à une offre diversifiée et à des réserves financières conséquentes les fluctuations du marché. En Europe, seuls Philips, SGS-Thomson et Siemens peuvent avoir cette ambition. Le taux de croissance du chiffre d'affaires est un paramètre fondamental, en plus de la part de marché. A cet égard, il faut noter que même si la croissance d'une entreprise comme SGS-Thomson est forte (26,1 % en 1988), elle reste de très loin inférieure à celle de ses concurrents japonais - plus de 40 % de croissance pour les 20 japonais présents dans les 20 premiers mondiaux -.

Les points forts des différents producteurs de circuits intégrés sont les suivants : les Etats-Unis dominent la production de micro-

processeurs, grâce à Intel et Motorola. Leur position en matière de mémoires s'est considérablement affaiblie (IBM non compris). Le Japon occupe une place prédominante dans le domaine des mémoires. Les fabricants européens n'occupent de position forte pour le moment que dans les circuits autres que les micro-processeurs et les mémoires dynamiques.

Or l'évolution des techniques aussi bien que celles du marché donnent une place stratégique aux mémoires. Les techniques de conception et de fabrication des mémoires sont en effet transposables aux autres circuits intégrés. Par ailleurs, les volumes de production des mémoires sont tels, compte-tenu de leurs nombreuses utilisations, qu'elles permettent des profits importants. La maîtrise du segment stratégique des mémoires est donc capitale pour l'avenir des fabricants de circuits intégrés. La bataille mondiale de l'industrie des semi-conducteurs se joue sur ce segment de marché. Elle se traduit par une course à la puissance tant technologique -avec une intégration et une miniaturisation sans cesse accrues-, qu'économique- avec des mouvements accélérés d'alliances, de regroupements ou d'absorption-.

Dans ce contexte de bouleversement de l'échiquier mondial, donner aux producteurs de semi-conducteurs des atouts dans les technologies et la production de circuits intégrés est la raison d'être de programmes d'aide à la coopération inter-entreprises mis en oeuvre aux Etats-Unis avec Sematech et US Memories, ou en Europe, avec JESSI (sous-programme Eurêka) et ESPRIT II. Des programmes de ce type sont indispensables pour combler des retards technologiques par rapport aux producteurs japonais. Mais une course de vitesse est engagée. Les programmes européens doivent donc voir leur mise en oeuvre accélérée, autant que faire se peut. Il est nécessaire de se demander s'ils pourront suffire pour assurer la remise à niveau des entreprises européennes du secteur.

I.- LES SEMI-CONDUCTEURS : ÉLÉMENTS TECHNIQUES

Les semi-conducteurs constituent la branche principale de l'industrie des composants électroniques actifs, c'est-à-dire des dispositifs qui modifient et contrôlent les signaux électriques par amplification, commutation ou modulation d'un signal. Pour éviter un certain nombre de confusions entre les différents composants, il faut tout d'abord définir ce que sont les semi-conducteurs et la place qu'ils occupent dans l'ensemble des composants.

1. Terminologie

Les composants électroniques comprennent les composants passifs et les composants actifs; les semi-conducteurs appartiennent à la catégorie des composants actifs :

Composants passifs :

- *exemples : résistances, capacités, inductances, plaques de circuits imprimés*

Composants actifs :

- tubes à vide:

- *exemples : tubes cathodiques, lampes*

- dispositifs à semi-conducteurs :

- *semi-conducteurs discrets :*

exemples : transistors de puissance, diodes, redresseurs, diodes électroluminescentes, triodes, etc...

- *circuits intégrés*

exemples : mémoires, blocs logiques

- *microprocesseurs*

L'expression «semi-conducteur» désigne des dispositifs à base de semi-conducteurs. Ceux-ci figurent dans la catégorie des composants électroniques actifs. Leur fonctionnement ne peut être expliqué qu'en faisant intervenir la physique des électrons, et non pas par les seules lois globales de l'électricité classique. Dans les semi-conducteurs, on distingue les éléments discrets, qui n'assurent qu'une fonctionnalité ; les circuits intégrés, qui sur une même plaquette de semi-conducteurs, regroupent plusieurs éléments de base et les microprocesseurs qui assurent des fonctions logiques complexes et multiples. Semi-conducteurs, circuits intégrés et microprocesseurs : ces trois termes liés aux industries et aux produits électroniques sont souvent employés l'un pour l'autre, l'un à la place d'un autre. Il faut leur ajouter le terme courant de «puce», évocateur de la taille des circuits intégrés: quelques centaines de millimètres carrés (confetti). Une «puce» peut être aussi bien un circuit intégré classique qu'un microprocesseur.

2. Les propriétés spécifiques des matériaux semi-conducteurs

L'électronique a pris son essor grâce aux propriétés spécifiques des semi-conducteurs. Bien sûr, avant la mise en évidence de leurs propriétés, on savait réaliser des dispositifs électroniques remplissant les fonctions d'amplification, de commutation ou de modulation de signaux, grâce à l'utilisation de tubes à vide, de diodes, de triodes. Le traitement de l'information par des dispositifs de ce type était possible : ainsi, les premiers calculateurs scientifiques universels. L'ENIAC (1946) ne comprenait que des composants «classiques», en l'occurrence 18.000 tubes à vide, 70.000 résistances et 6.000 commutateurs. Elle occupait une surface de plusieurs dizaines de m².

L'utilisation des semi-conducteurs pour fabriquer des composants électroniques s'est faite progressivement. En premier lieu, sont apparus les composants à base de semi-conducteurs discrets, c'est-à-dire ne réalisant qu'une seule fonction, par exemple les transistors, dont le principe a été découvert par Shockley, Bradeen et Brattain en 1947. Puis, au sein d'une même plaquette de semi-conducteurs, il a été possible d'insérer de multiples interfaces. Ces interfaces, reliées entre elles, constituent un circuit électronique intégré au substrat et

remplissant une fonction de traitement de l'information. Le microprocesseur représente le stade le plus avancé de la technique : les fonctionnalités qu'il intègre sont tellement nombreuses et complètes que le microprocesseur constitue l'image, à l'échelle microscopique, d'un ordinateur.

Les semi-conducteurs se sont rapidement substitués aux composants "classiques". Les semi-conducteurs ont apporté cinq avantages essentiels : une diminution de la consommation d'énergie, une rapidité accrue de fonctionnement, la miniaturisation, la fiabilité et l'abaissement des coûts renforcé par les économies d'échelle.

3. Qu'est-ce qu'un semi-conducteur ?

La dénomination "semi-conducteur" fait d'abord référence à un matériau. Le plus connu et celui dont l'usage est le plus répandu est le silicium. Il en existe d'autres.

Les corps simples du groupe IV de la classification de Mendeleiev, autres que le silicium, comme le germanium ou même le carbone sont aussi des semi-conducteurs. Des composés peuvent également être semi-conducteurs, par exemple les composés des corps des groupes III et IV, comme l'arséniure de gallium (AsGa), l'antimoniure d'indium (InSb) ou le phosphore de gallium (GaP).

Ce n'est pas la chimie qui permet de caractériser les semi-conducteurs des autres types de matériaux, mais la physique.

Leur caractérisation résulte de leurs propriétés électriques particulières. Elle est ancienne. Dès le XIX^{ème} siècle, on relève que certains corps ou composés constituent des intermédiaires entre les isolants et les métaux pour la conduction du courant électrique. Leur résistivité (de 10^{-5} à 10^{-7} ohm.mètre) les situe en effet entre les métaux ($1,6 \cdot 10^{-8}$ à $150 \cdot 10^{-8}$ ohm.m) et les isolants (de 10^{+12} à 10^{+18} ohm.mètre). Fait remarquable, leur résistivité varie en sens inverse de la température. Contrairement au filament de tungstène d'une lampe électrique, par exemple, dont la résistance croît lorsque la température augmente, la résistance d'un filament de semi-conducteur décroît avec la température. Par ailleurs, la présence d'impuretés dans un matériau semi-conducteur peut modifier sa conductibilité, c'est-à-dire sa capacité à assurer le transfert de charges électriques. Enfin, dernière propriété remarquable des semi-

conducteurs, leurs interactions particulières avec la lumière. Les semi-conducteurs photosensibles recevant de la lumière la convertissent en courant électrique. Les semi-conducteurs photoémetteurs ou électroluminescents convertissent la puissance électrique en lumière.

La première application pratique connue des semi-conducteurs date de 1879, avec la photoconduction du sélénium (conductibilité assurée seulement lorsque le matériau est éclairé). Les redresseurs de courant à base de semi-conducteurs (sélénium ou oxyde cuivreux) apparaissent dès le début du XX^{ème} siècle. Le détecteur des premières radios est constitué de galène, un autre semi-conducteur.

4. Éléments d'explication des propriétés des semi-conducteurs

Les semi-conducteurs purs, c'est-à-dire dans lesquels aucun élément étranger n'a été introduit, n'ont que peu d'intérêt en eux-mêmes.

Dans le cas de silicium, par exemple, chaque atome, à l'état isolé, possède quatre électrons sur sa couche périphérique. Au sein du cristal, chaque atome est relié à 4 atomes voisins par 4 liaisons covalentes résultant de la mise en commun d'un électron par chaque partenaire. Statistiquement, 8 électrons gravitent sur la couche externe de chaque atome de silicium du réseau. Ceci est un état "stable" pour les électrons, et une telle configuration est au total peu intéressante dans une application d'électricité ou d'électronique.

Si par diffusion dans le solide d'un gaz d'une nature chimique différente, l'on remplace quelques atomes du réseau cristallin de silicium par des atomes de ce gaz, le semi-conducteur, qui est dit alors «dopé», a - lui - beaucoup plus d'intérêt.

Les interactions entre les atomes d'impureté et ceux du réseau vont permettre l'apparition de multiples effets, générateurs d'applications. Ainsi, dans le cas d'atomes de phosphore diffusés dans du silicium: l'atome de phosphore comprend sur sa couche externe 5 électrons au lieu de 4 pour le silicium. 4 d'entre eux vont être inclus dans des liaisons covalentes avec les atomes voisins de silicium. Un autre sera «libre». Des électrons des atomes de phosphore vont donc être inoccupés et vont pouvoir se «promener» parmi les atomes à la

recherche d'orbitales incomplètes (silicium type N). Un cristal de silicium dopé au bore -3 électrons périphériques pour chaque atome de bore - présentera des manques d'électrons- des trous -dans sa structure cristalline-. Ces trous pourront être comblés à un endroit et réapparaître ailleurs (silicium type P).

Un semi-conducteur «dopé» est donc seul vraiment intéressant. Ce qui l'est encore davantage, ce sont les interfaces entre des semi-conducteurs de types différents, par exemple les interfaces -les jonctions en langage technique - silicium type N / silicium type P.

En effet, une jonction N-P (une diode dans la pratique) laisse passer le courant électrique dans un sens mais le bloque dans l'autre. D'où de multiples applications, notamment pour le redressement du courant alternatif en courant continu.

Une autre application, celle-là capitale pour l'électronique, est constituée par les transistors. Il s'agit sommairement de «sandwichs» de deux tranches de semi-conducteur d'un certain type (silicium de type N, par exemple) entourant une tranche très fine du même semi-conducteur mais de l'autre type (silicium de type P). Un tel transistor est intitulé NPN. Le silicium P est appelé la «base». Les deux tranches de silicium N appelées l'émetteur et le collecteur.

Dans ce type de montage, deux jonctions sont donc en présence et produisent pour l'ensemble des propriétés remarquables :

- *la commutation* d'une part : dans le cas de l'exemple ci-dessus, le courant ne passe pas entre l'émetteur et le collecteur tant que des électrons ne sont pas extraits de la base;

- *l'amplification* d'autre part : un très faible flux d'électrons extraits de la base, donne naissance à un flux proportionnellement très important entre l'émetteur et le collecteur.

Ces deux fonctions ne sont pas le plus souvent utilisées dans le même type d'application. La fonction d'amplification est mise en oeuvre dans les transistors de puissance, qui sont pour la plupart des composants discrets -chaque transistor est conditionné dans un dispositif individualisé-. La fonction de commutation est utilisée dans

les applications de traitement de l'information. Des transistors rendent possible et aisée la réalisation de circuits logiques de base (ET, OU, NON) qui permettent de résoudre en mode binaire tous les problèmes de traitement de l'information.

5. Les circuits intégrés

Les tubes à vide ont rapidement perdu la partie vis-à-vis des transistors à semi-conducteurs. A leur fiabilité plus grande, leur taille plus réduite, leur temps de commutation plus faible, et bientôt leur coût moins élevé, les semi-conducteurs ont ajouté l'avantage supplémentaire de l'intégration. Dès 1958, Kilby invente et réalise le circuit intégré, c'est-à-dire inclut dans une même pastille de semi-conducteur plusieurs transistors. Des interfaces sont ainsi réalisées en très grand nombre au sein d'une même tranche de semi-conducteur. Elles sont reliées entre elles par des connexions microscopiques, en fonction des besoins de fonctionnalités très précises: traitement du signal opéré par des circuits adéquats, opérateurs de calcul ou de logique simulés par des circuits électriques ou électroniques.

Leur intégration s'est continûment accrue. La technologie FET (Field Effect Transistor) a fait son apparition en 1964. Elle permet d'augmenter l'intégration, en reposant sur un effet physique particulier: le transistor est contrôlé par un champ électrique (transistor à effet de champ) au lieu de l'être par un courant électrique (transistor NPN ou PNP dit bipolaire).

On distingue en définitive sur le plan de la technologie deux types de circuits intégrés: les circuits bipolaires et les circuits à effet de champ.

Les circuits bipolaires présentent un avantage essentiel: leur rapidité de commutation. Leur faiblesse relative est une certaine limitation des possibilités d'intégration. Différentes technologies ont été développées dans cette catégorie de circuits intégrés pour maximiser leurs avantages et minimiser leurs inconvénients:

- technologie TTL Schottky (Transistor Transistor Logic): circuit rapide, faible consommation ;
- technologie I²L (Integrated Injection Logic): meilleure densité d'intégration, diminution de la consommation ;

- technologie ECL (Emitter Coupled Logic) : meilleure intégration.

Les circuits intégrés à effet de champ présentent, au contraire des circuits bipolaires, l'avantage de permettre une intégration poussée. La technologie de base des circuits intégrés à effet de champ est la technologie MOS (Metal Oxide Semi-Conductor). Ces circuits MOS sont aussi appelés circuits à effet de champ et à grille isolée, cette dernière étant isolée du substrat par la couche de SiO₂.

Les avantages essentiels de la technologie "MOS-effet de champ" par rapport à la technologie bipolaire sont les suivants : difficulté de fabrication moindre ; consommation réduite ; inconvénient majeur : vitesse plus faible.

Des variantes de la technologie MOS ont été développées, améliorant ses performances :

- technologie HMOS (High Performance Metal Oxide Semi-Conductor) : aujourd'hui abandonnée ;
- technologie CMOS (Complementary Metal Oxide Semi-Conductor) : améliore la vitesse et diminue la consommation électrique ;
- technologie SOS MOS (Silicium on Saphir - MOS) : vitesse accrue ;
- technologie NMOS : vitesse accrue.

Depuis 1958, l'évolution des technologies de fabrication des circuits intégrés permet de diviser par 2, tous les 3 à 4 ans, les dimensions d'un même circuit. Ce qui veut dire que l'intégration -le nombre de composants par unité de surface- est elle-même multipliée par 4.

Sur une tranche de silicium de la taille d'un confetti, en 1948, on pouvait loger un seul transistor ; en 1988, il est possible d'en installer 1 million.

Des ingénieurs de Siemens se sont amusés à faire un parallèle entre l'évolution des circuits intégrés et celles des automobiles. Si l'automobile avait depuis 20 ans suivi les mêmes progrès que l'industrie microélectronique dans la voie de la miniaturisation et de

l'amélioration des performances techniques, une voiture pèserait aujourd'hui 5 kg, roulerait à 5.000 km/h et coûterait 5 francs.

Les progrès en matière d'intégration ne sont pas près de s'interrompre. Les techniques de fabrication progressent en effet toujours dans la voie d'une augmentation de la résolution.

Compte tenu de leurs avantages sur les ensembles de composants discrets connectés -miniaturisation, fiabilité, faiblesse des temps de transmission et de commutation- les utilisations de circuits intégrés se sont multipliées rapidement, dans l'informatique, l'électronique grand public, l'électronique professionnelle.

Dans la pratique, on distingue généralement deux types de circuits intégrés :

- les circuits intégrés analogiques qui fonctionnent en mode linéaire et correspondent généralement à des fonctions de traitement de signaux, principalement modulation ou amplification. Les circuits linéaires sont utilisés couramment pour l'électronique grand public et les télécommunications ;

- les circuits intégrés logiques, quant à eux, manipulent des informations en code numérique, au moyen de circuits de commutation. Leur domaine est celui du traitement de l'information, en particulier l'informatique.

Parmi les principaux circuits intégrés logiques, selon les utilisations, on peut citer les mémoires :

• les mémoires ROM (Read Only Memories) : elles conservent leur contenu même lorsque l'alimentation électrique est coupée ; ce contenu rémanent est fixe ou renouvelable après effacement par différents procédés physiques :

• les EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) sont effaçables par exposition à des rayonnements ultra-violets ;

- les *E2PROM* (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) sont effaçables par voie électrique ;

- les mémoires RAM (Random Access Memories) : leur contenu n'est pas permanent -il disparaît lorsque l'alimentation électrique est coupée- on les désigne aussi sous l'appellation de mémoires vives à accès aléatoire ; le terme aléatoire signifie que l'on peut atteindre directement n'importe quel point de la mémoire à volonté grâce à son adresse ; les mémoires RAM se répartissent en :

- *SRAM* (Static) : elles conservent une fraction des informations même lorsque l'alimentation électrique est coupée ;

- *DRAM* (Dynamic) : la permanence des informations stockées nécessite une alimentation constante.

6. Les microprocesseurs

Les microprocesseurs sont des circuits intégrés d'un type particulier. Ils représentent un degré supérieur en termes d'intégration, de fonctionnalités et de complexité.

Les microprocesseurs sont des circuits logiques comprenant différents blocs d'entrée-sortie, des blocs mémoires, une unité arithmétique et logique et des blocs de contrôle.

Le circuit intégré classique réalise des fonctions spécifiques, le stockage d'information par exemple. Le microprocesseur comprend des blocs de fonctionnalités diverses. Il est agencable et programmable en fonction des besoins de l'utilisateur. Pour remplir les fonctions assurées par un microprocesseur, il faudrait connecter physiquement plusieurs circuits intégrés. Dans son cas, il suffit de connecter par programme les blocs logiques résidant physiquement sur une même plaquette de semi-conducteur de quelques centaines de millimètres carrés.

Les microprocesseurs traitent l'information sous forme de mots, ensembles de bits. La longueur du mot traité s'échelonne entre 2 et 32 bits. Plus le mot est long et plus grande est la vitesse de traitement. Les plus courants sont les microprocesseurs 8 bits et les 16 bits. Le créneau le plus évolué est celui des 32 bits.

La fabrication du microprocesseur nécessite la maîtrise des technologies les plus « fines » des circuits intégrés. Elle suppose aussi une compétence particulière pour la conception, l'architecture et la programmation. Peu nombreuses sont les entreprises à même de produire des micro-processeurs : parmi celles-ci Intel, Motorola et IBM. Les microprocesseurs sont le prochain objectif des sociétés nipponnes, après leur succès dans la technologie des mémoires.

7. Les domaines d'utilisation des circuits intégrés

Le tableau ci-dessous donne, sur la base des données 1987, la répartition des utilisations des circuits intégrés, par technologie:

Monde 1987	Marché mondial	Informatique	Télé-com.	Industriel	Grand Public	Militaire	Transport
Bipolaire logique std	2,1	40,5	9,9	20,9	6,7	15,8	6,1
ASIC	1,4	61,9	15,8	9,1	2,8	9,1	1,3
mémoires	0,6	51,8	10,3	7,7	1,0	23,4	5,9
MOS micro	4,8	50,3	10,6	16,6	10,3	2,8	9,5
mémoires	5,4	42,5	14,8	10,0	24,1	5,0	3,7
logiques std	0,8	33,7	15,1	25,2	14,5	7,9	3,7
ASIC	4,5	39,7	25,2	9,2	14,1	9,0	2,8
Linéaire	7,3	17,9	16,3	13,9	38,8	5,8	8,1
Total	26,9 G\$	38 %	16 %	14 %	20 %	7 %	6 %

source: SERICS

La répartition par type d'application est donnée au chapitre III.

8. Aperçus sur les techniques de fabrication des circuits intégrés et des microprocesseurs

La conception des circuits intégrés devient de plus en plus complexe au fur et à mesure que l'intégration et les performances s'accroissent. Elle ne peut s'envisager sans recourir aux logiciels de conception assistée par ordinateur. Certains de ces logiciels sont disponibles sur le marché. Les principaux fabricants ont développé soit leurs propres outils soit enrichi les logiciels standards de fonctionnalités nouvelles.

La maîtrise de la fabrication des semi-conducteurs ne s'arrête pas à la conception. La fabrication -matérielle- des circuits intégrés se compose en effet de nombreuses étapes, toutes très élaborées sur le plan technologique.

La première étape est la fabrication du matériau semi-conducteur et des «tranches» de matériau utilisées par la suite.

L'étape suivante consiste en la diffusion, c'est-à-dire l'insertion dans le réseau cristallin du substrat des impuretés qui permettent la création des jonctions et des connexions. Les principales étapes ultérieures sont le conditionnement et les tests.

8.1 la fabrication des matériaux semi-conducteurs.

Cette étape est essentielle. Il s'agit d'obtenir un matériau de pureté parfaite. Le matériau de base doit être d'une pureté initiale -avant le dopage- absolue. Les impuretés, dont le circuit intégré tirera ses propriétés, doivent être d'une nature étroitement contrôlée et doivent être localisées dans les endroits voulus.

On commence le plus souvent par préparer le matériau en «poudre» ou sous forme de dépôt d'aiguilles cristallines. Par exemple pour le silicium, présent en quantité considérable à la surface du globe sous forme de silice, on ne peut utiliser la méthode directe de réduction de la silice. Le produit obtenu n'est pas assez pur. On passe par des étapes intermédiaires. Chaque grand chimiste ou fabricant a développé des méthodes : réduction du SiCl_4 par le zinc (Dupont de Nemours), par l'hydrogène (Texas Instrument); étape intermédiaire du bichlorure (Wacker-Chemie).

La méthode la plus employée actuellement est la préparation à partir du trichlorosilane (Wacker-Chemie, Monsanto, Siemens). C'est elle qui conduit au silicium le plus pur (1 atome d'impureté pour 1 milliard d'atomes de silicium).

Il s'agit ensuite, à partir d'une poudre ou de bâtonnets de matériau très pur, de «tirer» un cristal de structure parfaite, dans une atmosphère parfaitement pure et inerte. Il faut ensuite le découper en plaquettes utilisables dans l'étape de diffusion suivante.

Des machines-outils spécifiques sont nécessaires pour découper les blocs de semi-conducteur en plaquettes d'épaisseur faible et constante. L'opération ne doit pas altérer la pureté chimique du matériau et sa structure cristalline.

Un autre enjeu technologique est de pouvoir disposer de plaquettes d'une surface aussi large que possible, de manière à pouvoir fabriquer ultérieurement le plus grand nombre possible de circuits intégrés sur une même plaquette.

8.2 L'étape de la diffusion

Cette étape est considérée comme formant le coeur de la fabrication des semi-conducteurs. La technologie qui fait prime est la technologie PLANAR, nom déposé par Fairchild. Elle est composée de différentes opérations simples dans leur principe : photogravure et diffusion d'atomes dans un cristal. Elles sont d'une difficulté de réalisation extrême compte-tenu des contraintes de toutes sortes qui pèsent sur elles : précision, atmosphère contrôlée, reproductibilité etc.

Une pastille de semi-conducteur est transformée en circuit intégré par diffusion d'impuretés en des endroits bien délimités.

On utilise un masque qui ne laisse passer les «impuretés» dans la tranche de semi-conducteur qu'aux endroits choisis. Pour faire ce masque, deux méthodes : l'une indirecte la plus répandue, l'autre directe -réservée aux cas d'espèces-.

La méthode indirecte consiste à recouvrir dans un premier temps la tranche de semi-conducteur d'un revêtement protecteur - dans le cas du silicium, on oxyde la surface qui se recouvre donc de SiO_2 (silice).

La couche de protection est à son tour recouverte d'une résine photosensible appelée «photoresist». La résine est sensible à la lumière comme une pellicule photographique -sa composition chimique change à la suite d'une exposition à la lumière-. Cette résine est inerte face à un agent chimique détruisant le revêtement de protection initial. Modifiée par la lumière, elle est attaquée par le même agent chimique.

La première opération consiste à réaliser le dessin du circuit intégré. L'informatique est aujourd'hui utilisée pour concevoir ces schémas, grâce à des logiciels de Conception Assistée par Ordinateur.

Il s'agit ensuite de matérialiser ce schéma sur la tranche de semi-conducteur. On commence par réaliser un masque, c'est-à-dire le dessin en négatif du circuit. On expose la tranche de semi-conducteur à la lumière à travers ce masque. La résine est alors impressionnée suivant le dessin du circuit. On soumet la tranche à l'action de l'agent chimique. Celui-ci détruit les parties impressionnées de la résine, laisse les autres intactes et attaque le revêtement de protection initial du semi-conducteur qui se trouve découvert aux endroits voulus. On

fait alors diffuser les impuretés dans le semi-conducteur aux emplacements déterminés et suivant une profondeur déterminée, en plaçant la tranche de matériau dans le gaz du composé chimique correspondant.

Le procédé direct de dessin du circuit intégré consiste à détruire directement la résine aux endroits requis, grâce à un pinceau de lumière ou de particules qui, piloté par ordinateur, dessine le circuit sur cette résine. Cette technologie est utilisée pour les circuits intégrés spécifiques, les ASIC (Application Specific Integrated Circuits), dont le délai de fabrication doit être particulièrement réduit.

Une autre opération est la métallisation du semi-conducteur aux endroits adéquats, de manière à permettre la connexion du circuit intégré avec l'extérieur (préparation des sorties).

Le détail de ces opérations montre à quels facteurs est liée l'intégration des circuits intégrés : en particulier, la finesse de trait du dessin du circuit pour les jonctions et les liaisons et donc celle du dessin en négatif sur le masque.

La fabrication des mémoires DRAM (Dynamic Random Access Memory) de capacité de stockage de 256 ko telles que celles utilisées dans les micro-ordinateurs PC compatibles du marché exige la maîtrise des techniques dites microniques, c'est-à-dire -pour simplifier- de pouvoir tracer des traits d'un micron (1 millième de millimètre). Pour progresser dans l'intégration des mémoires et atteindre par exemple des capacités de stockage de 4 mégabits sur 100 mm², il est nécessaire de descendre à une finesse de trait de 0,7 micron.

Compte-tenu de la complexité des opérations, on cherche à multiplier autant que faire se peut le nombre de circuits intégrés réalisés sur une même plaquette. Différents équipements sont nécessaires : des photorépéteurs, qui reproduisent un même tracé en plusieurs exemplaires ; des machines découpant une plaquette en ses différents éléments (découpe au diamant, par scie diamantée et par rayon laser). Chaque circuit intégré finalement est recouvert par un dépôt protecteur.

Les opérations de diffusion représentent bien le noyau central de la technologie. Elles supposent toutes un environnement parfaitement contrôlé. Elles s'effectuent donc dans des salles dites blanches dont la pureté de l'atmosphère, la température et l'hygrométrie sont strictement définies et contrôlées. L'investissement de création d'une

salle correspondant aux normes actuelles de production est de 250 millions de F environ.

8.3 Les étapes de test et de conditionnement

Comme dans toute production, il est nécessaire de tester les circuits intégrés réalisés. Généralement, les tests s'effectuent sur des plaquettes entières. Compte-tenu de la taille très petite des circuits et du nombre d'opérations à effectuer sur des productions qui sont de nos jours de masse, l'automatisation est indispensable. De nombreux progrès restent à faire. Les interventions manuelles sont encore nombreuses chez certains fabricants.

Une fois ces vérifications faites et les circuits défectueux éliminés, les circuits intégrés sont conditionnés. On met en place des protections et des «pattes» métalliques qui permettront l'enfichage sur les plaques de circuits imprimés. Cette étape de la fabrication est souvent insuffisamment automatisée.

L'importance des coûts de main d'oeuvre dans ces deux étapes justifie que certains producteurs de circuits intégrés aient scindé géographiquement les étapes de leur production. La diffusion est alors effectuée dans le pays d'origine. Les tests et le conditionnement le sont dans des pays à bas coût de main d'oeuvre.

8.4 Un ensemble de technologies clés

Fondées sur des principes relativement simples, les technologies atteignent dans la pratique un degré de sophistication extraordinaire.

La chimie est concernée : production du matériau semi-conducteur à un degré de pureté extrême, fabrication des résines photoresist pour les masques et préparation des solvants de décapage. La mécanique l'est aussi : machines-outils pour le découpage des plaquettes, le découpage des circuits fabriqués sur une même tranche de silicium. La physique des états de surface : dépôts de métaux, diffusion gazeuse contrôlée. L'optique : techniques de microlithographie, de rayons X, de faisceaux d'électrons; capteurs, photorépéteurs.

9. Les circuits intégrés du futur

9.1 *Le règne perpétué du silicium*

Le silicium a de beaux jours devant lui. Les limites des technologies le concernant sont chaque jour repoussées. La densité des circuits actuels devrait être à terme multipliée par 100. Pour ce faire, il faudra diminuer la taille des traits tracés sur le silicium. On maîtrise actuellement l'échelle du micron. Les techniques sub-microniques devraient progresser très rapidement. Ainsi, le calendrier prévu pour les programmes JESSI est le suivant: 0,7 micron en 1990 pour produire des DRAM de 4 mégabits tenant sur 100 mm²; 0,35 en 1996 pour produire des DRAM de 64 mégabits tenant sur 500 mm². Des sauts technologiques importants sont nécessaires pour atteindre ces niveaux d'intégration. Les pinceaux de lumière, par exemple, céderont la place aux faisceaux de rayons X ou d'électrons.

9.2 *La stagnation de l'arséniure de gallium*

L'arséniure de gallium présente une supériorité sur le silicium de deux points de vue: rapidité de commutation (les électrons circulent 5 fois plus vite dans l'arséniure de gallium que dans le silicium); insensibilité à l'environnement -résistance aux radiations notamment- propriété intéressante, utilisée notamment dans les circuits intégrés à usage militaire.

On lui prévoyait un avenir très important au début des années quatre-vingt. En réalité, des techniques de «durcissement» des circuits intégrés au silicium sont apparues (SOI: Silicon on Insulator). Les technologies bipolaires et BiCMOS du silicium ont apporté une augmentation considérable des vitesses de commutation.

Au début des années 80, on prévoyait à l'arséniure de gallium un marché de 2 milliards de \$ avant la fin de la décennie. Son marché était en réalité de 250 millions de \$ en 1988.

9.3 *L'intégration maximale avec les composants quantiques*

Des technologies «révolutionnaires» sont actuellement étudiées pour diminuer encore la taille des composants en augmentant leur intégration. Parmi celles-ci : les *composants quantiques*, qui permettent de dépasser le niveau atomique.

La mécanique ondulatoire de Louis de Broglie et la théorie des quantas posent que les photons ou les électrons possèdent des niveaux d'énergie «discrets» auxquels peuvent être associés des longueurs d'onde. Il est possible aujourd'hui de déposer des couches de matériaux sur une épaisseur voisine de la longueur d'onde des électrons (le centième de micron) grâce à des techniques comme l'épitaxie par jet moléculaire. Ces électrons peuvent résonner dans ces couches d'épaisseur infime et contrôlée. Ce phénomène peut être utilisé pour amplifier un courant électrique. L'avenir permettra d'effectuer des dépôts d'épaisseur contrôlée dans les trois dimensions. On tirera alors tout le parti possible des effets quantiques.

Lorsque l'on atteindra ainsi les limites ultimes de la matière -telles qu'on les perçoit actuellement-, il sera possible d'intégrer 1 milliard de transistors sur une seule puce et de diminuer d'un facteur dix les vitesses de commutation des transistors.

La percée des composants quantiques ne peut être attendue avec les années 2010.

9.4 *La nouvelle voie des composants macromoléculaires*

L'électronique moléculaire constitue une nouvelle branche -en défrichement- de l'électronique. Dans les techniques actuelles, on utilise des ensembles d'atomes formés d'un réseau cristallin de substrat et d'atomes d'impuretés pour obtenir certaines fonctions. Ce sont les interactions entre ces ensembles d'atomes disparates qui sont utilisés pour manipuler des informations. L'électronique moléculaire utilise les propriétés des électrons et de leurs niveaux d'énergie d'une même molécule pour stocker et transmettre des informations. IBM a ainsi mis au point une molécule qui peut jouer le rôle d'interrupteur et d'amplification d'une diode. Une autre molécule offre trois points d'entrée entre lesquels les transferts des électrons peuvent être contrôlés.

Ces techniques semblent prometteuses également au MITI et aux entreprises japonaises. Un programme de soutien gouvernemental de 40 millions de \$ et des recherches menées par Hitachi, NEC, Sharp, Mitsubishi sont d'ores et déjà lancés.

9.5 La supraconductivité et les jonctions Josephson pour la commutation

La supraconductivité désigne le phénomène par lequel certains matériaux placés à très basse température n'opposent plus aucune résistance au passage du courant électrique. Elle a été mise en évidence au début du siècle. Grâce à de nouveaux matériaux, le seuil de température au dessous duquel la supraconductivité apparaît, est moins difficile à atteindre : température de l'hélium liquide (- 269 °C) au début du siècle ; - 148 °C récemment avec des matériaux dopés au thallium. La supraconductivité permet de diminuer la dissipation de chaleur occasionnée par le passage d'électrons dans un conducteur. A ce titre, elle devrait recevoir des applications, notamment en informatique.

Un phénomène complémentaire peut recevoir des applications en électronique : la rapidité de commutation des matériaux en état de supraconductivité dans une jonction Josephson. Une diode peut être simplement construite avec deux lames minces de supraconducteurs séparés par un isolant. La vitesse de commutation d'un tel dispositif est cent fois supérieure à celle d'un transistor classique. Les entreprises japonaises de semi-conducteurs poursuivent depuis 1981 des recherches -abandonnées par tous les autres fabricants-. Plusieurs réalisations sont significatives : microprocesseurs, mémoires, dont les vitesses de traitement sont très supérieures à celles des composants classiques.

L'avenir de ces techniques dépend de la découverte de matériaux exigeant des températures de fonctionnement atteignables et contrôlables sans trop de difficultés, par exemple la température de l'azote liquide (- 196 °C). Comme dans celui des technologies des semi-conducteurs, un outil de recherche complet et performant est indispensable pour l'avenir.

9.6 Les conditions de l'avenir

L'amélioration des technologies existantes -essentiellement celles du silicium-, le développement de nouvelles voies pour les composants électroniques, exigent trois conditions. D'une part, la pluridisciplinarité : toutes les sciences et techniques sont mises en jeu, directement ou indirectement, pour le traitement de l'information. D'autre part, il faut un effort continu et systématique pour explorer des technologies qui n'ont pas apparemment raison d'être, les besoins étant couverts par les techniques actuelles. Enfin, des ressources de recherche bénéficiant de priorités clairement affichées sont nécessaires et ceci sur une longue période.

Le Japon fournit l'exemple d'une stratégie efficace : priorité à l'électronique ; recherche pluridisciplinaire ; maîtrise de l'ensemble des technologies nécessaires ; effort continu sur une longue période.

II.- L'AFFIRMATION DE LA DOMINATION JAPONAISE : LE MARCHÉ DES SEMI-CONDUCTEURS ET LES ENTREPRISES

Le Japon arrive au niveau des Etats-Unis en 1988 pour la production globale de la filière électronique: 250 milliards de \$ contre 262,8 milliards de \$ pour les USA.

Au sein de la production japonaise, deux évolutions majeures sont à noter : la stagnation de l'Electronique Grand Public 48,8 milliards de \$ en 88 contre 49 milliards de \$ en 87; la croissance forte de l'informatique: 48,5 milliards de \$ en 88 et probablement 52,5 milliards de \$ en 89.

La remontée de la filière vers les produits à contenu technologique croissant est manifeste de la part du Japon. Elle est plus rapide que prévue. Le Japon recueille aussi les fruits de sa stratégie de développement simultané de l'ensemble des technologies: semi-conducteurs, ordinateurs personnels, écrans à cristaux liquides ou à plasma, TVHD, grande informatique, électronique grand public.

Le choix stratégique japonais est ratifié par les faits. Au plan mondial, en 2000, on estime que le marché de l'électronique devrait dépasser en importance celui de l'automobile.

Le marché mondial des semi-conducteurs a atteint environ 45 milliards de \$ en 1988, selon WSTS. La croissance de ce marché a été très forte en 1988: 37 % , contre 25 % en 1987.

Ce marché comprend les circuits intégrés -environ 80 % du total- et les semi-conducteurs discrets- environ 20 % du total-. Les circuits intégrés sont, parmi les semi-conducteurs, les plus importants en terme de poids relatif dans le marché. Ils sont également les plus évolutifs sur un plan technique et ceux dont la demande croît le plus vite.

La répartition géographique des utilisations de circuits intégrés était la suivante, en 1988, selon SGS - Thomson :

. Japon:	18,1 milliards de \$ soit 40 % du marché mondial
. Etats-Unis:	13,4 milliards de \$ soit 30 % du marché mondial
. Europe:	8,1 milliards de \$ soit 18 % du marché mondial
. Asie:	5,4 milliards de \$ soit 12 % du marché mondial.

1. La domination japonaise

Les entreprises japonaises détenaient en 1988 50 % du marché des semi-conducteurs, contre 48 % en 1987. Selon Dataquest, on trouve 10 entreprises japonaises dans les 20 premiers producteurs mondiaux de semi-conducteurs.

Les trois premières entreprises mondiales sont japonaises :

NEC (1ère, comme en 1987, avec un CA de 4,5 milliards de \$ et un taux de croissance de 34,6 % de son CA) ;

Toshiba (2ème, comme en 87, avec un CA de 4,3 milliards de \$ et une croissance de 42 %) ;

Hitachi (3ème, sans changement par rapport à 87, avec un CA de 3,5 milliards de \$, et un taux de croissance de 33,9 %).

Les autres producteurs japonais, présents dans les 20 premières entreprises du secteur sont les suivantes :

Fujitsu (6ème (88), 6ème (87); CA(88) : 2,4 milliards de \$; taux de croissance du CA 88/87 : 31 %) ;

Mitsubishi (8ème (88), 9ème (87) ; CA(88) : 2,3 milliards de \$; taux de croissance du CA 88/87 : 52,7 %) ;

Matsushita (9ème (88), 11ème (87) ; CA(88) : 1,9 milliard de \$; taux de croissance du CA 88/87 : 29,4 %) ;

Sanyo (14ème (88), 14ème (87) ; CA(88) : 1,1 milliard de \$; taux de croissance du CA 88/87 : 27,3 %) ;

Sharp (15ème (88), 18ème (87) ; CA(88) : 1 milliard de \$; taux de croissance du CA 88/87 : 75,8 %) ;

Oki (16ème (88), 17ème (87) ; CA(88) : 0,9 milliard de \$; taux de croissance du CA 88/87 : 45,5 %) ;

Sony (17ème (88), 19ème (87) ; CA(88) : 0,9 milliard de \$; taux de croissance du CA 88/87 : 61 %).

Les entreprises japonaises ont ainsi toutes amélioré leurs positions en 1988, à l'exception de Sanyo qui l'a seulement maintenue.

2. Le déclin américain

Les entreprises américaines, quant à elles, ont vu leur part de marché passer de 39 % à 37 % de 87 à 88. Elles ne sont plus que 6 dans les 20 premières mondiales.

L'entreprise américaine la mieux classée est **Motorola** : 4ème comme en 1987, avec un chiffre d'affaires de 3 milliards de \$ contre 2,4 milliards en 87 et un taux de croissance de 24,8 % par rapport à 87.

On trouve ensuite **Texas Instruments** : 5ème en 88 comme en 87 ; chiffre d'affaires : 2,7 milliards de \$ contre 2,1 milliards de \$ en 87 (taux de croissance du CA 88/87 : 28,9 %).

Intel a réussi à gagner trois places dans le classement mondial : 7ème (88) ; 10ème (87) ; CA(88) : 2,4 milliards de \$ contre 1,5 milliard en 87, soit un taux de croissance de son chiffre d'affaires de 57,6 %.

Les autres entreprises américaines se caractérisent par des taux de croissance faibles pour le secteur :

National Semiconductor : 11ème (88), 8ème (87) ; CA(88) : 1,7 milliard de \$; taux de croissance 88/87 : 12,9 % ;

AMD - Advanced Micro-Devices : 13ème (88), 12ème (87), CA(88) : 1,1 milliard de \$;

AT&T : 19ème (88), 15ème (87), CA(88) : 0,9 milliard de \$, taux de croissance 88/87 : 7,1 % .

Globalement, les Etats-Unis connaissent une balance commerciale déficitaire dans le domaine des semi-conducteurs depuis 1981. Ce déficit provient des échanges avec le Japon et les pays du bassin Pacifique. Le déficit global a crû jusqu'en 1984 (2,3 milliards de \$ pour une consommation intérieure de 20 milliards de \$). Le déséquilibre s'est ensuite atténué jusqu'en 1987. Il s'est de nouveau accru à partir de 1987, du fait de la reprise de la demande (1,6 milliard de \$). En 1989, il devrait atteindre 3 milliards de \$.

3. La faiblesse relative de l'industrie européenne

La situation de l'industrie européenne est défavorable, sur le plan global et sur celui des entreprises.

La production de la CEE en semi-conducteurs est insuffisante. En 1987, la production de la CEE en circuits intégrés représentait 11 % de la production mondiale, pour un marché correspondant - lui - à 16 % du marché mondial. Son déficit avec le reste du monde s'élevait, pour l'ensemble des semi-conducteurs à plus de 2 milliards de \$.

Le classement mondial des entreprises fabriquant des circuits intégrés fait apparaître clairement la faiblesse de l'industrie européenne.

Le premier européen, Philips, apparaît en effet en 10ème place, pour un chiffre d'affaires de 1,8 milliard de \$, en hausse de 10,1%, mais ayant perdu trois places par rapport à 1987. Cette dégradation s'est produite malgré des investissements importants - le quart de ses investissements totaux, soit 5 milliards de florins pour les seuls semi-conducteurs-. La principale faiblesse de Philips serait l'importance de ses coûts de production.

SGS-Thomson entreprise franco-italienne filiale à 50/50 de Thomson et de l'IRI est en 12ème place (13ème en 1987) avec un chiffre d'affaires de 1,2 milliard de \$ après le rachat d'INMOS, soit une croissance de 28,6 % de son chiffre d'affaires.

Siemens est à la vingtième place (16ème en 87) avec un CA de 0,8 milliard de \$ (taux de croissance de 19,3 %).

La croissance de SGS-Thomson, à structure équivalente est la plus forte des fabricants européens, avec 26,1 % en 1988 par rapport à

1987; celle de Siemens est de 19,3 % et Philips de 10,1 %. Seuls Intel et Texas Instruments connaissent des taux de croissance supérieurs à celui de SGS-Thomson, parmi les entreprises américaines ou européennes.

Après les trois grands -Philips, SGS-Thomson et Siemens-, on trouve en Europe d'autres producteurs, mais de taille beaucoup plus réduite : Telefunken (301 millions de \$ de CA pour 1988), Plessey (284 millions de \$), Asea Brown Boveri (113 millions de \$), Semikron (91 millions de \$), Matra MHS (71 millions de \$), Ericsson (52 millions de \$).

4. L'émergence des NPI

Les producteurs de semi-conducteurs et notamment les entreprises japonaises ont implanté depuis le début des années 80 des unités de production dans les nouveaux pays industrialisés (NPI) du Pacifique. Ceci est notamment le cas pour les opérations nécessitant une intervention importante de main d'oeuvre, comme les opérations de test et d'encapsulage ou de conditionnement.

Un autre phénomène important est la percée des entreprises des Nouveaux Pays Industrialisés (NPI) du Pacifique. Samsung, entreprise sud-coréenne, est d'ores et déjà au 18ème rang mondial, avec un chiffre d'affaires de 0,9 milliard de \$ et un taux de croissance de son CA de 176,8 % en 88 par rapport à 87 (notamment grâce aux DRAM). On évalue à 4 % la part des NPI dans la production mondiale de semi-conducteurs.

5. La place des grands constructeurs d'ordinateurs

Les données ci-dessus doivent être complétées par l'auto-production ou production captive des constructeurs d'ordinateurs ou des entreprises présentes dans le secteur des télécommunications. Certains d'entre eux produisent en effet tout ou partie des semi-conducteurs utilisés dans leurs produits.

Dataquest donne les chiffres suivants pour l'année 1985:

IBM :	1,7 milliard de \$
ATT :	1,1 milliard de \$
HEWLETT-PACKARD :	0,21 milliard de \$
HONEYWELL :	90 millions de \$
DIGITAL EQUIPMENT :	70 millions de \$.

Dataquest évalue à hauteur de 2,62 milliards de \$ en 1988 la production d'IBM en semi-conducteurs pour ses besoins propres. Le premier constructeur mondial d'ordinateurs est ainsi le 6ème producteur mondial de semi-conducteurs. IBM maîtrise l'ensemble des technologies des semi-conducteurs: mémoires et micro-processeurs, et ne recourt au marché que si les conditions économiques le justifient.

Hewlett-Packard est le deuxième constructeur informatique en pointe dans les semi-conducteurs, notamment pour les micro-processeurs.

La position favorable d'IBM et d'Hewlett-Packard dans le secteur des semi-conducteurs pourrait conduire d'autres entreprises à rechercher leur coopération.

III. MARCHÉS ACTUELS ET MARCHÉS DU FUTUR POUR LES SEMI-CONDUCTEURS

Les semi-conducteurs représentent des équipements d'une importance stratégique, au sens premier du terme. Intervenant massivement dans les systèmes d'armes modernes, l'aéronautique, l'espace, les semi-conducteurs conditionnent l'efficacité réelle de la défense d'un pays et son indépendance.

Les semi-conducteurs sont aussi une arme économique de première importance. Ils deviennent le coeur de nombreux biens d'équipements professionnels ou des ménages et un atout marketing capital.

Sur la base d'un marché mondial de 45 milliards de \$ en 1988, l'utilisation des circuits intégrés pour les différents types d'application était la suivante:

informatique: 43 % (environ 19,5 milliards de \$)

dont grande informatique	8 milliards
ordinateurs personnels et bureautique	9 milliards
périphériques	2 milliards

électronique grand public: 20 % (environ 9 milliards de \$)

dont téléviseurs	2,5 milliards
magnétoscopes	2,5 milliards
Hi-Fi	1 milliard
Radio	1 milliard
appareils ménagers	1 milliard
autres	1 milliard

applications industrielles: 14 % (environ 6,5 milliards de \$)

dont traction	2 milliards
robots	1 milliard
appareils de mesure	1 milliard
autres	2 milliards

télécommunications: 12 % (environ 5,5 milliards de \$)

(dont centraux publics et privés	3 milliards
(postes téléphoniques	1 milliard
(télécopieurs	1 milliard

militaire: 5 % (environ 2,25 milliards de \$)

(dont radars	0,8 milliard
(avionique	0,7 milliard
(missiles	0,5 milliard

automobile: 5 % (environ 2,25 milliards de \$).

En raison de la multiplication de leurs débouchés, les semi-conducteurs sont déjà un secteur économique important en terme de chiffres d'affaires. La croissance de leur marché est certaine à l'avenir.

1. La micro-informatique

Le marché des micro-ordinateurs constitue un débouché essentiel pour les semi-conducteurs. Ceux-ci représentent plus du tiers du prix de vente d'un micro-ordinateur personnel. 25 millions de micro-ordinateurs personnels environ ont été vendus en 1988. Les ventes de semi-conducteurs pour les ordinateurs personnels représentent 20 % du marché mondial de semi-conducteurs. Ce marché, en plein développement depuis 1985, devrait accélérer sa croissance dans les prochaines années. La segmentation du marché constatée à l'heure actuelle est un facteur de relance.

Les micro-ordinateurs du type Personal Computer (PC)

Le premier segment de marché des micro-ordinateurs est constitué par les micro-ordinateurs "classiques" c'est-à-dire de puissance moyenne. C'est le plus important en termes économiques. Les micro-ordinateurs comprennent en premier lieu des micro-processeurs (Intel ou Motorola): unité arithmétique et logique, bus d'imprimante. Ils comprennent également des mémoires RAM et ROM en nombre toujours plus important. En 5 ans, ces micro-ordinateurs ont vu leur puissance de calcul, leur mémoire centrale et leurs capacités de stockage augmenter d'une manière considérable, en même temps que leur prix baissait. Le coeur de ce segment de marché

est représenté par les micro-ordinateurs compatibles IBM PC, c'est-à-dire fonctionnant sur la base des micro-processeurs Intel et du système d'exploitation MS-DOS développé par Microsoft. De multiples fabricants ont rapidement proposé à des prix plus attractifs, des machines substituables en tout point aux ordinateurs vendus par IBM. La diffusion des PC compatibles a fait la fortune d'Intel et celle de Microsoft: ces deux briques de base ont été disponibles sur le marché et utilisées par d'autres fabricants.

La micro-informatique est à l'heure actuelle dans l'attente d'un changement de standards. La puissance des machines actuelles autoriseraient en effet des connexions entre des micro-ordinateurs sur des réseaux et un fonctionnement en multi-tâches / multi-utilisateurs. Il faut cependant intégrer sur le plan des logiciels, les caractéristiques de nouveaux micro-processeurs et celles de systèmes d'exploitation plus ambitieux que MS-DOS.

Après avoir fait le succès de la micro-informatique en choisissant d'utiliser pour ses PC des briques de base utilisables par d'autres, IBM a opéré plusieurs changements de stratégie. Le premier constructeur mondial tente dans un premier temps de rendre impossible la fabrication de clones pour ses micro-ordinateurs PS/2 de la nouvelle génération, grâce à l'inclusion de codes spécifiques dans les microprocesseurs eux-mêmes, notamment pour le système de gestion des transferts de données internes à la machine (bus MCA).

En réaction, un groupement de 9 producteurs de micro-ordinateurs s'est constitué avec notamment AST Research, Compaq, Epson, Hewlett Packard, NEC, Olivetti, Tandy, Wyse et Zenith, afin de mettre en place un autre standard - l'EISA (Expanded Industry Standard Architecture), celui-ci compatible avec les anciens PC. Intel annonce en juillet 89 que les différents composants seront fabriqués en volume à partir de septembre 89. Compaq et un constructeur de Singapour (ALR) annoncent leurs premiers micro-ordinateurs en architecture ESIA.

A la mi-1989, plusieurs constructeurs (NCR, Olivetti, Bull Micral of America) annoncent qu'ils ont réussi à reconstituer les principes du bus MCA protégé par IBM.

IBM autorise finalement fin septembre 1989 Intel et Chips Technologies à mettre sur le marché des microprocesseurs permettant

à tout constructeur d'utiliser l'architecture MCA, précédemment protégée.

La bataille des standards MCA/EISA illustre l'âpreté de la concurrence sur le marché des micro-ordinateurs. Le marché correspondant est immense pour les semi-conducteurs. L'indécision de l'issue de l'affrontement de standards risque toutefois de freiner les commandes de nouveaux matériels.

Les micro-ordinateurs classiques sont pris en tenaille entre deux nouveaux types de machines dérivées: les stations de travail et les portables. Ces deux nouveaux segments de marché pourraient prendre le relais des PC classiques.

Les stations de travail

Le marché des stations de travail constitue le segment de marché haut de gamme de la micro-informatique. Il s'agit de micro-ordinateurs de forte puissance, connectés sur un réseau ou sur un ordinateur central. Le standard en matière de systèmes d'exploitation pour ce type de matériel est UNIX, développé par AT&T. Ce système d'exploitation permet le travail en multi-tâches/multi-utilisateurs. Les stations de travail sont en fait des micro-ordinateurs très puissants et par nature connectables.

Deux leaders existent sur ce segment de marché: Sun, dont AT&T détient une participation significative (16 %), et Appolo, dont Hewlett Packard a pris le contrôle en 1989. Digital Equipment Corporation (2ème constructeur mondial d'ordinateurs) investit rapidement ce marché en pleine croissance.

Les volumes de vente sont encore relativement faibles pour les stations de travail; elles trouvent leur application dans les applications scientifiques et technologiques. Les ventes exploseront lorsque les applications de gestion seront elles-aussi touchées par le mode de travail qui consiste à disposer de puissances de traitements réparties et de ressources partagées. Une prochaine révolution est probable dans les stations de travail et leur ergonomie, révolution entraînée par l'apparition de la station "NeXT" due à Steven Jobs, l'un des fondateurs d'Apple. Il s'agit du concept de station multi-médias, traitant des informations numériques, des sons et des images.

Les micro-ordinateurs portables

Le dernier segment de marché des micro-ordinateurs est celui des micro-ordinateurs, portables et autonomes, c'est-à-dire pouvant fonctionner sur batteries.

C'est un créneau à forte croissance, avec encore peu de constructeurs: Toshiba - le leader du marché -; Sharp; Zenith principalement. La plupart des constructeurs de micro-ordinateurs personnels s'attaquent à ce marché, les uns après les autres: IBM, Victor, Goupil, Apple. La compétition technologique y bat son plein. Ces machines doivent être compactes, rapides, peu consommatrices d'énergie, légères, sécurisées contre les chocs. Les écrans doivent être petits mais lisibles, économes en électricité.

Les portables constituent le segment d'avenir. Toshiba estime qu'en 1992, 60 % des micro-ordinateurs vendus dans le monde seront des portables.

On distingue les portables actuels, de la taille d'un attaché-case, fonctionnant avec des disquettes 3 pouces 1/2 et les portables du futur, de la taille d'un magazine ou d'un bloc-notes (Notebooks), utilisant des mini-disquettes ou des cartouches magnétiques. NEC a été le premier à lancer un portable de la taille d'un bloc note, le NEC UltraLite. Toshiba est en pointe également. Zenith annonce son miniSport, de la taille d'un magazine, d'une épaisseur de 2,5 cm et ne pesant que 2,7 kilos.

Le marché des portables Notebooks est estimé à 50-100.000 unités par an. La fabrication des micro-ordinateurs portables nécessite une miniaturisation accrue des composants électroniques. Elle contribue aussi à la course à la puissance des micro-processeurs et des mémoires.

2. Mini-ordinateurs et "mainframes"

Les ordinateurs - mini ou mainframes ("gros ordinateurs") constituent aussi un débouché fondamental pour les semi-conducteurs.

Le taux de croissance des ventes de mini ou de grands ordinateurs sont largement inférieurs à ceux de la micro-

informatique. Les micro-ordinateurs ne sont toutefois pas prêts de faire disparaître les équipements lourds.

Deux tendances semblent cependant se dégager: la généralisation progressive des calculateurs très puissants pour des traitements correspondant à des modèles mathématiques de phénomènes physiques ou de situations complexes (météorologie, traitement de matériaux et de flux, conception assistée par ordinateur, etc.); la tendance au déport de la plus grande partie des traitements vers des machines réparties.

Certains constructeurs - peu nombreux - fabriquent l'ensemble des composants dont ils ont besoin. IBM y parvient et ne produit pas pour l'extérieur. Sa production pour ses propres besoins de composants valorisée aux prix du marché est estimée, on l'a vu, avec les réserves d'usage - la compagnie ne délivrant pas de statistiques à cet égard -, à environ 2,6 milliards de \$, ce qui situerait IBM au 6ème rang mondial de la hiérarchie des fabricants de semi-conducteurs.

D'amples bouleversements sont à attendre dans les dix prochaines années dans le secteur des constructeurs d'ordinateurs.

D'une part des regroupements: c'est ainsi que Bull estime que les deux tiers de son chiffre d'affaires à l'horizon 1995 proviendront d'une croissance externe, c'est-à-dire d'entreprises rachetées d'ici cette date; par ailleurs les suivants d'IBM dans la hiérarchie mondiale comme DEC, Unisys, Control Data vont devoir faire face à la très forte concurrence des constructeurs japonais -Fujitsu, Hitachi, NEC-, tous des groupes intégrés.

D'autre part, il est possible que pour résister à cette concurrence, les constructeurs d'ordinateurs, même regroupés, doivent se recentrer sur leur métier de base. L'abandon par les constructeurs non japonais d'ordinateurs, de la fabrication de tout ou partie des semi-conducteurs dont ils ont besoin, s'accompagnerait de l'augmentation des transactions sur le marché des semi-conducteurs.

Pour l'ensemble de ces raisons, les débouchés des semi-conducteurs dans la fabrication des mini-ordinateurs et des gros ordinateurs, devraient s'élargir dans les prochaines années.

Le passage par le marché rendra inversement encore plus stratégique la sûreté de l'approvisionnement.

3. L'électronique "audio"

L'électronique audio constitue elle-aussi un marché prometteur pour les semi-conducteurs. Les ventes de semi-conducteurs pour l'électronique audio représente environ 10 % du marché total.

L'obsolescence programmée des différents équipements est le mode de gestion stratégique du secteur. Après la mise en place des lecteurs de compact-discs, qui mettent au rebut les lecteurs de microsillons, une nouvelle vague de déclassement des équipements des ménages est programmée pour les trois prochaines années: il s'agit des cassettes audionumériques (DAT) qui vont déclasser les magnétophones actuels et qui constituent la réponse japonaise sur ses propres brevets aux succès remportés par les brevets Philips pour le compact-disc. Or ces nouveaux équipements sont des débouchés essentiels pour les semi-conducteurs.

Après avoir eu un démarrage relativement lent, le compact-disc l'a définitivement emporté sur les lecteurs traditionnels. Le succès du compact-disc est lui-même cumulatif et condamne à terme les autres équipements, dès lors que les éditeurs de musique enregistrée abandonneront progressivement les microsillons. En 1988, il s'est vendu en France 22 millions de compact-disc contre 6,2 millions en 1986, et en 1988 les ventes de microsillons ne s'élevaient qu'à hauteur de 20,4 millions. Or les lecteurs de compact-discs incorporent beaucoup plus de mémoires et de microprocesseurs que les anciens lecteurs. Le traitement du signal y est beaucoup plus élaboré, les automatismes et télécommandes plus nombreux.

Par ailleurs, une nouvelle révolution dans les équipements audio est en marche avec la mise sur le marché prochaine des cassettes audionumériques DAT (Digital Audio Tape). Ces cassettes présenteront la qualité sonore des compact-discs, avec un avantage essentiel par rapport à ces derniers: la possibilité d'enregistrement. Pour l'instant, le nombre de magnétophones numériques vendus chaque année est de l'ordre de 60 000 par an. Le marché potentiel est de l'ordre de 30 à 40 milliards de \$. Un accord est intervenu en juillet 89 entre les principaux fabricants d'électronique grand public et les éditeurs de musique. Les magnétophones DAT devront comporter un

dispositif mis au point par Philips et rendant impossible les copies pirates de cassette DAT à cassette DAT - le piratage correspondant aux cassettes actuelles ayant représenté une perte de recettes énorme pour les éditeurs et les auteurs ou interprètes. Cet accord va permettre aux éditeurs, qui bénéficieront aussi d'une redevance pour chaque cassette DAT vendue, de lancer la production de cassettes enregistrées. Le décollage de magnétophones DAT est donc imminent et va constituer un nouveau débouché pour les semi-conducteurs.

4. La carte à "puce"

La carte à "puce" est un concept inventé par le Français Roland Moreno. Il s'agit de la nouvelle génération des cartes du format d'une carte de crédit et comprenant un circuit intégré fournissant des fonctionnalités comme les suivantes: interactivité (lecture et écriture), stockage d'informations complexes et nombreuses; confidentialité et sécurité accrues; mémoire de stockage renouvelable.

Les cartes bancaires à microprocesseur seraient en 1989 au nombre de 2 millions d'exemplaires. Les télécartes (carte téléphone) vendues en 1989 devraient approcher les 40 millions d'exemplaires. Elles ne font cependant pas toutes appel à la technologie microprocesseurs. Le marché devraient quadrupler d'ici à 1992.

Les marchés de la carte à puce sont plus lents que prévu à s'établir en France. La carte magnétique est en effet moins coûteuse et d'un usage très répandu. L'effet d'entraînement sur l'industrie des semi-conducteurs est moins fort qu'escompté par les pouvoirs publics, et ceci d'autant plus que les composants utilisés sont relativement simples et peu coûteux. Les cartes téléphone comprennent seulement une EPROM d'1 kilooctet, peu coûteuse.

La relative lenteur de la montée en puissance des cartes à puce est illustrée par la situation de Bull CP8. Bull CP8 détenteur du brevet et filiale à 100 % du groupe nationalisé, a fait un chiffre d'affaires de 300 millions en 1988. Ses pertes se sont élevées à 36 millions de F en 1987 pour un CA de 222 millions de F. Les investissements de Bull CP8 se sont élevés à 200 millions de F sur les deux dernières années. Pour élargir ses débouchés, Bull CP8 a signé un accord de licence avec Motorola, qui pourra commercialiser le composant qui confère son intelligence à la carte.

Les cartes à puce se multiplient plus rapidement au Japon. La pratique du prépaiement est en effet largement répandue. Les cartes correspondantes sont plus complexes dans ce cas et leurs fonctionnalités mieux utilisées, notamment avec le rechargement de la carte en réserve de paiement utilisable.

D'autres utilisations maximisant l'utilité du microprocesseur sont possibles: l'accès codé à un service, par exemple la télévision à péage.

Le succès définitif de la carte à puce suppose des investissements lourds en terminaux aptes à tirer parti de toutes les fonctionnalités de ces dernières. Commerçants, détaillants et distributeurs détiennent l'une des clés de ce marché pour les semi-conducteurs. La réussite de ces nouvelles applications est la condition pour que la carte à puce contribue d'une manière significative à la croissance de la demande pour les semi-conducteurs.

5. Les télécommunications et le radiotéléphone

Les matériels de télécommunications représentent un marché essentiel pour les semi-conducteurs : 12 % du marché total en 1988, selon WSTS, soit environ 5,5 milliards de \$.

Les équipements publics ont longtemps constitué un moteur essentiel de l'industrie des semi-conducteurs, notamment en France. Il semble que cela ne doive plus être le cas à l'avenir.

Les besoins en installation de lignes téléphoniques sont encore immenses dans les pays du Tiers-Monde et dans les pays de l'Est. Ces marchés sont toutefois lents à devenir solvables. La commutation publique - 26 % du marché des télécommunications - devrait connaître une croissance en valeur très lente selon l'IDATE: 2 % par an environ d'ici à l'an 2000, en raison de la baisse significative des prix des centraux .

Un approfondissement technique des télécommunications semble toutefois constituer un marché important, mais dans un terme de 5 à 10 ans: les réseaux numériques à intégration de services (RNIS). Ce type de réseau, présenté en France sous le nom de Numéris, permet la transmission de données de tous types: voix, images, données numériques notamment informatiques. La percée du RNIS est liée à la multiplication des réseaux d'ordinateurs et à l'aptitude de ces derniers à traiter des données "multi-médias". Ce marché nécessite la mise au point de composants spécifiques et pourraient prendre le relais de la commutation publique actuelle.

Les segments les plus dynamiques à court terme seraient les équipements de transmission et les autres équipements d'abonnés.

Le radiotéléphone qui comprend une part très importante de semi-conducteurs constitue selon toute vraisemblance un marché majeur pour ces derniers. Deux types d'application sont possibles: les télécommunications depuis des postes mobiles; les réseaux cellulaires privés.

Les entreprises américaines ont bien compris l'importance stratégique de ce marché. Elles ont obtenu mi-1989 l'ouverture du marché japonais. Le marché européen est pour le moment morcelé, du fait de l'adoption de normes différentes par les différents pays. 15 pays

européens ont récemment adopté une norme unique, qui sera mise en application en 1991-1992. La première étape sera un radiotéléphone cellulaire analogique. Un tel marché est évalué à environ 8 milliards de F en 1992. Le numérique lui succèdera. On lui prévoit un marché de 120 milliards de F en 1994-1995 si une norme numérique est adoptée par l'ensemble des pays de la CEE.

Motorola est leader mondial de la radiotéléphonie cellulaire. Ce marché lui sert de base pour sa production de circuits intégrés (microprocesseurs). Motorola élargit son implantation en Europe, l'Espagne venant après l'Autriche; l'entreprise souhaite s'implanter très fortement en Grande-Bretagne où le ministère de l'industrie octroie des licences à différents opérateurs. Côté français, Matra est lancé dans ce créneau porteur.

6. L'automobile

Un autre marché très important pour les semi-conducteurs est celui de l'automobile.

Les équipements d'allumage sont au premier rang des applications des semi-conducteurs. Les équipements du tableau de bord évoluent rapidement vers l'utilisation de composants électroniques et en particulier de circuits intégrés. D'autres voies présentent un avenir important:

- le freinage sécurisé, les suspensions intelligentes,
- le multiplexage, c'est-à-dire l'utilisation d'un seul câble pour la transmission de l'ensemble des signaux électriques mis en jeu par une automobile,
- les équipements de conduite et de navigation assistée.

A l'heure actuelle, on estime que chaque véhicule contient en moyenne pour 100 \$ de semi-conducteurs. Vers 1995, ce montant moyen devrait passer à 300 \$. Ces chiffres sont d'ores et déjà dépassés pour les véhicules haut de gamme.

7. La domotique

La domotique devrait mettre l'électronique au service de la maison en fournissant des services comme: la télésurveillance, les

économies d'énergie, la gestion centralisée des équipements électriques et électroniques.

Les trois axes de développement de la domotique sont ainsi le contrôle, la gestion et la communication.

La fonctionnalité "contrôle" est liée aux possibilités de commande à distance que fournissent l'électronique et les télécommunications. Elle comprend la protection des biens (surveillance des lieux, contrôle de la stabilité des bâtiments, détection des anomalies ou des sinistres) et celle des personnes (détection des intrusions ou des agressions, assistance aux personnes âgées ou handicapées, surveillance des enfants).

La fonctionnalité "gestion" est liée aux possibilités de programmation de certaines tâches domestiques. La programmation toucherait en premier lieu la gestion énergétique de la maison: chauffage, éclairage. Elle serait mise en oeuvre également pour faciliter l'accès aux loisirs audio-visuels et aux sources d'informations extérieures.

La fonctionnalité "communication" consiste en l'interconnexion des foyers entre eux ou avec des prestataires de service. Le téléphone et la télématique constituent les premiers exemples de ce type de services.

Différentes expériences faisant intervenir des collectivités ont été engagées, notamment en France dans le cadre de l'opération PHI (Pour un Habitat Interactif), à Bordeaux et à Saint-Fos. Des constructions nouvelles sont également présentées comme des "immeubles intelligents". Ces derniers intègrent des réseaux informatiques ou le RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services).

La difficulté qu'aura à surmonter la domotique provient de la multiplicité des collaborations à mettre en oeuvre: professions du bâtiment, fabricants d'électroménager, télécommunications. Toutefois, les premières études indiquent que le marché cumulé de la domotique, pour l'ensemble Etats-Unis, Japon, France, RFA et Grande-Bretagne, devrait atteindre 7 milliards de \$ en 1990 et 12 milliards de \$ en 1995. Sur la décennie 1990-2000, on estime le

marché à 25 milliards de F pour la France et 125 milliards de F pour la CEE.

La domotique, quelle que soit la vraisemblance de ces évaluations, apparaît d'ores et déjà comme un débouché important pour les semi-conducteurs, au coeur de ces nouveaux équipements domestiques.

Les entreprises japonaises ont investi 100 millions de \$ dans la recherche au cours de la période 1981-1986. En Europe, sept grands fabricants - Thorn-Emi, GEC, Mullaro, Electrolux, Philips, Siemens et Thomson travaillent en commun dans le cadre d'Eurêka sur le programme IHS (Integrated Home System). IHS devrait déboucher sur un standard européen. Un programme Esprit 2 prendrait ensuite le relais.

8. L'audio-visuel

Le plus grand marché prévu pour un proche avenir est la Télévision Haute Définition. La mise en oeuvre des nouvelles normes nécessite un accroissement très important du nombre de composants actifs utilisés. Selon le rapport sur la Télévision à Haute Définition établis par MM. Forni et Pelchat dans le cadre de l'Office d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques du Parlement français, le contenu en semi-conducteur d'un récepteur de télévision s'élève à 30 % en volume. Ce contenu devrait s'élever à 70 % pour la télévision améliorée et à 90 % pour les récepteurs de télévision à haute définition.

Le marché cumulé sur la période 1990-2010 des récepteurs et des magnétoscopes à haute définition devrait quant à lui s'établir à l'échéance 2010 à hauteur de 330 milliards de \$.

9. Une importance stratégique

Les semi-conducteurs sont liés aux produits et services d'avenir. Une industrie compétitive dans ces domaines est non seulement essentielle pour l'indépendance nationale en termes de systèmes d'armes. Elle est essentielle aussi pour la compétitivité à terme de l'industrie. On estime généralement que d'ici à 10 ans, les industries électroniques dépasseront en importance les industries automobiles. La compétitivité de nombreuses industries dépendra également du

contenu en semi-conducteurs de leur processus de fabrication au travers de l'automatisation et de leurs productions.

Une course de vitesse est engagée dans l'ensemble des composants à base de semi-conducteurs.

IV.- LES CARACTÉRISTIQUES ÉCONOMIQUES DU MARCHÉ DES SEMI-CONDUCTEURS

1. Une industrie nécessitant des investissements très lourds en recherche & développement et en production

La première caractéristique économique fondamentale de l'industrie des semi-conducteurs est la suivante : la lourdeur des dépenses de recherche & développement. Les dix premiers fabricants mondiaux dépensent 13 % de leur chiffre d'affaires dans la R&D. SGS-Thomson y affectait 22 % en 1987 et 20 % en 1988.

L'importance des investissements de production est également majeure: il faut investir 1 F pour obtenir 1 F de chiffre d'affaires, la première année. Une unité moderne de fabrication, avec salle "blanche" c'est-à-dire garantissant le plus haut niveau de pureté de l'atmosphère ambiante, capable de produire 20 000 tranches de silicium par mois comprenant des circuits intégrés en technologie MOS, nécessite un investissement de 200 millions de \$.

Au total, dépenses de recherche & développement et dépenses en investissement de production représentent 20 à 25 % du chiffre d'affaires, chaque année.

A titre d'exemple des investissements nécessaires, Texas Instruments, le 6ème producteur mondial de circuits intégrés, qui réalise la moitié de son chiffre d'affaires dans ce domaine et possède 6 % du marché mondial, investira 975 millions de \$ en R&D et 760 millions de \$ dans la production.

2. La nécessité d'une part suffisante du marché mondial

Le secteur des semi-conducteurs est un secteur dans lequel les effets cumulatifs d'une avance ou inversement d'un retard sur les concurrents sont cumulatifs.

La part minimale du marché mondial qu'une entreprise doit détenir doit être supérieure à 3 %. Le taux de croissance du chiffre d'affaires est également important. Les entreprises japonaises fixent la norme de fait.

3. Un marché cyclique

Un autre trait caractéristique du marché est la course poursuite de l'offre et de la demande. Le marché des semi-conducteurs est cyclique. Les à-coups dans la demande sont amplifiés, au niveau des recettes des entreprises, par des fluctuations importantes des prix.

Les entreprises du secteur des semi-conducteurs ont connu une période très difficile en 1984-1985 : ralentissement de la croissance de la demande, capacités de production en augmentation au niveau mondial, et effondrement des prix.

De nombreux regroupements sont intervenus. Thomson a alors racheté Mostek, leader des technologies MOS. Schlumberger avait entamé une diversification stratégique en rachetant la division semi-conducteurs de Fairchild. En proie à des difficultés dans son secteur de base, l'exploration pétrolière, Schlumberger ne peut bientôt plus supporter les pertes de sa filiale et a fortiori continuer à investir. Fairchild est alors vendue. Les fabricants américains de semi-conducteurs sont nombreux à abandonner la production de mémoires: notamment Motorola en 1985 pour les DRAM.

La stratégie des fabricants japonais de mémoires au cours de cette période est en effet offensive. Ceux-ci sont intégrés à des groupes de très grande taille, diversifiés et puissants : NEC, Toshiba, Hitachi par exemple. L'objectif japonais prioritaire est de conquérir des parts de marché, quel qu'en soit le coût. Prix cassés et offre surabondante permettent de mettre en difficultés sérieuses les entreprises concurrentes. La plupart d'entre elles, à l'exception de Philips notamment, ne sont ni diversifiées ni intégrées à des groupes puissants et ne peuvent longtemps supporter des pertes financières. Les Etats-Unis tentent de s'opposer à cette stratégie en mettant en place un accord de régulation, c'est-à-dire en imposant des prix planchers. Cet accord produit des effets contraires à ceux attendus. Les utilisateurs ne bénéficient pas de la baisse de prix qui aurait pu se produire en l'absence de cet accord. Les producteurs américains, en l'absence d'aide et d'impulsion gouvernementales, se tiennent

quasiment absents du marché porteur - celui des mémoires. Et les fabricants japonais engrangent des profits importants dès que la demande reprend sa progression. Il faut attendre 1989 pour que les grandes entreprises américaines du secteur relancent leur fabrication de mémoires.

L'intégration de la production de semi-conducteurs à un grand groupe diversifié donne, dans ces conditions un avantage déterminant, en ce qu'elle permet d'amortir les fluctuations du marché. La présence du groupe sur le marché de l'électronique donne un autre avantage : celui de débouchés assurés.

Cette situation optimale - l'appartenance à un grand groupe de l'électronique - est celle des fabricants japonais de semi-conducteurs.

4. Vers une nouvelle crise de l'industrie des semi-conducteurs ?

Une des questions importantes pour l'avenir est le comportement de la demande de semi-conducteurs dans les trois prochaines années.

Les prévisions faites reposent sur l'analyse de plusieurs facteurs d'évolution.

M. Jean-Philippe DAUVIN, Corporate Economist de SGS-Thomson, distingue ainsi :

- les ventes des fabricants d'équipements électroniques
- l'accroissement du contenu en semi-conducteurs d'un même bien au fur et à mesure que le prix des semi-conducteurs baisse et que le consommateur recherche plus de performance
- un facteur d'évolution structurelle, lié à l'expansion des applications
- l'évolution des prix, les prévisions de marché étant faites en valeur
- l'influence des stocks.

Pour 1989, la croissance des ventes de semi-conducteurs devrait s'établir à hauteur de 9 % cette année, selon SGS-Thomson et à hauteur de 14 % selon Texas Instruments, après avoir atteint 37 % en 1988. L'association américaine SIA (Semiconductor Industry Association) prévoit elle-aussi une croissance de 9 % pour 1989.

Les prix des semi-conducteurs observent une dégrue depuis la mi-89. La crise devrait cependant être limitée en 1990.

La croissance économique générale ne devrait en effet pas ralentir sensiblement en 1990. Le niveau des stocks de semi-conducteurs est relativement faible. La demande devrait continuer d'être tirée par les ventes de micro-ordinateurs

La progression de la demande en valeur serait en conséquence de 1 % en 1990 selon SGS-Thomson. L'association SIA prévoit quant à elle une baisse en valeur de 1,2 %. Le marché passerait de 49,1 milliards de \$ en 1989 à 48,5 milliards de \$ en 1990. La SIA prévoit que la baisse serait plus accentuée pour les mémoires DRAM, notamment aux Etats-Unis. La baisse en valeur serait de 13,6 % sur le marché américain, le plus gros consommateur de mémoires DRAM, de 9,7 % en Europe et de 7,1 % au Japon. La réduction de la demande se conjuguerait à la baisse des prix.

A court terme, en tout état de cause, les investissements massifs pratiqués actuellement dans le secteur des mémoires renforcent le danger de surcapacités de capacités de production.

A moyen terme, trois types principaux d'applications garantiraient la croissance du marché des semi-conducteurs:

- le radio-téléphone
- les micro-ordinateurs portables de la génération actuelle et les portables de la taille d'un dossier - les "Notebooks" -
- la télévision haute définition.

A long terme, les applications de la commande vocale ouvriraient des débouchés immenses supplémentaires.

Les conséquences du saut technologique dans les mémoires risquent toutefois d'être lourdes. Les entreprises vont devoir engager des investissements considérables. Un retard de la demande pour les produits nouveaux entraînerait des pertes difficiles à supporter.

V. LA COURSE DE VITESSE DANS L'INDUSTRIE MONDIALE DES SEMI-CONDUCTEURS

Le marché des semi-conducteurs s'est établi à environ 45 milliards de \$ en 1988, selon WSTS.

La répartition par produits est la suivante:

- .mémoires: 24 % de ce marché soit 11 milliards de \$ environ;
- .microprocesseurs: 15 % du marché, soit 7 milliards de \$ environ;
- .semi-conducteurs discrets (transistors, diodes, thyristors, etc.): 20 % du marché, soit environ 10 milliards de \$;
- .circuits dédiés et circuits spécifiques (ASIC): 27 % du marché, soit environ 13 milliards de \$;
- .autres: 14 %.

Le segment de marché le plus porteur est actuellement celui des mémoires dynamiques. Evalué à hauteur de 6 milliards de \$ en 1988, il devrait passer à 35 milliards de \$ en 1994-1995.

La demande pour les circuits intégrés spécifiques (ASIC) est également en vive croissance (+ 30 % en 1988). Les ASIC constituent actuellement le 2ème segment de marché en termes de taux de croissance. Les micro-processeurs se classent quant à eux au troisième rang.

Les principaux éléments du segment de marché des mémoires sont les suivants:

- les mémoires ROM (Read Only Memory) : 2 milliards de \$; les mémoires non-volatiles EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) et EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) se caractérisent par une demande en forte croissance ;
- les mémoires statiques SRAM (Static Random Access Memory) : leur marché atteignait 1,7 milliard de \$ en 1988 (selon Dataquest) et devrait s'élever à 2,8 milliards de \$ en 1992;
- les mémoires dynamiques DRAM (Dynamic Random Access Memory): 6 milliards de \$ en 1988 et 11 à 12 milliards de \$ prévus pour 1992.

A l'intérieur du segment de marché des mémoires, les mémoires DRAM devraient connaître la croissance la plus forte.

Une véritable course de vitesse est engagée par les fabricants de mémoires.

Plusieurs objectifs sont visés par les fabricants:

- . des parts de marché, en premier lieu, sur ce segment en forte croissance des mémoires du futur
- . une maîtrise des technologies de base correspondantes, qui peuvent ensuite être déclinées sur d'autres fabrications
- . une implantation des unités de fabrication sur chacun des grands marchés -le Japon assurait en 1988 97,2 % de sa production de semi-conducteurs sur son propre sol et est décidé à s'implanter en Europe-.

Une course de vitesse est lancée également dans le domaine des microprocesseurs. Ce sont les circuits intégrés les plus complexes et les plus stratégiques. Il s'agit là du seul domaine où, pour l'instant les entreprises japonaises n'ont pas une position dominante.

1. La course de vitesse pour les mémoires dynamiques

Le paramètre technique clé pour les mémoires est leur capacité de stockage. La vitesse d'accès aux informations stockées est une autre donnée importante. La compétition économique porte toutefois en premier lieu sur les capacités.

Le marché des DRAM s'est établi à hauteur de 8 milliards de \$ en 1989. Par rapport au 1er trimestre 88, les ventes du 1er semestre 89 ont augmenté de 100 %.

En 1988, le marché le plus important est constitué par les mémoires dynamiques DRAM de capacité 256 Koctets. Ces mémoires ont progressivement supplanté toutes les autres. Leurs ventes devraient à leur tour décliner à partir de 1989. Le prix des mémoires DRAM 256Ko est de l'ordre de 2 dollars contre 3 début 1988. Le prix des 64 Ko était de 65 cents à la mi-1989.

Le marché mondial des DRAM 1 mégabit est estimé à 500 millions d'unités environ (environ 5 milliards de \$) en 1989

contre 215 millions en 1988. Les prix des DRAM de 1 mégabit sont passés en dix-huit mois de 25 \$ pièce à 8-15 \$.

Les positions des différents producteurs étaient en 1988 les suivantes pour les DRAM 1 mégabit :

1.	Toshiba (Jap.) :	56 millions d'unités
2.	NEC (Jap.) :	28,5 "
3.	Mitsubishi (Jap.) :	25,5 "
4.	Hitachi (Jap.) :	21,1 "
5.	Fujitsu (Jap.) :	15,8 "
6.	Texas Instruments (USA) :	10,9 "
7.	Matsushita (Jap.) :	9,9 "
8.	Samsung (Corée du Sud) :	5,7 "
9.	Oki (Jap.) :	5,4 "
10.	Micro Technology (USA) :	2,9 "
11.	Siemens (RFA) :	2,0 "
12.	Motorola (USA) :	0,3 "

Au total, le Japon assurait 88 % de la production, les Etats-Unis 8 %, la Corée du Sud 3 % et la RFA 1 %.

La bataille fait rage en 1989 entre les grands fabricants pour prendre des parts de marché non seulement sur le segment porteur des mémoires 1 mégabit mais aussi pour les 4 mégabits.

Selon SGS-Thomson, le marché des 4 mégabits serait de 4 % des mémoires DRAM en 1990, soit 60 millions de pièces sur 1,5 milliard d'unités de mémoires DRAM. Les ventes de mémoires 1 mégabit devraient rester supérieures à celles des mémoires 4 mégabits jusqu'en 1991 ou en 1992. Le pic des ventes des 4 mégabits serait atteint en 1994-5. Les 4 mégabits verront leurs ventes décoller lorsque leur prix sera inférieur à 60 \$.

Toshiba produit à l'heure actuelle 7 millions de mémoires 1 mégabit par mois dans le monde. Son unité de production située près de Hanovre en produit 200 000 par mois. Hitachi a annoncé en juillet 89 la mise en production de ses mémoires DRAM 4 mégabits.

Fujitsu investit 4 milliards de F dans une usine de production de mémoires DRAM de 1 ou 4 mégabits en Grande-Bretagne. NEC est pour l'instant le seul japonais à fabriquer en Europe intégralement

des circuits intégrés en Europe. Fujitsu, comme Toshiba et Hitachi, se contente pour l'instant d'assembler des circuits intégrés dans la Communauté. Fujitsu répond par avance aux nouvelles réglementations concernant les restrictions à l'importation de circuits intégrés dans la CEE. La Commission a en effet décidé de n'exempter en 1992 que les seuls fabricants qui produiront -y compris l'étape fondamentale de la diffusion des impuretés dans le silicium- leurs composants dans la Communauté.

Siemens devait produire 20 millions d'unités de mémoires DRAM 1 mégabit, en technologies Toshiba, en 1989. Sa production devrait doubler en 1990. La production de ces mémoires s'était élevée à 3,5 millions d'unités en 87-88. La production des 4 mégabits a été lancée en série et on passera avant la fin de l'année aux grandes séries, de manière à fournir le marché dès cette date. Siemens n'exclut pas de passer des accords avec Motorola par exemple.

IBM a lancé en juin 1989 la production en masse de mémoires DRAM 4 mégabits dans son usine de Sindelfingen près de Stuttgart. Le volume de la production mensuelle atteint déjà plusieurs centaines de milliers d'unités. L'investissement correspondrait à 3 milliards de F. IBM possèdera ainsi 3 sites dans le monde pour la fabrication de DRAM 4 mégabits. IBM aurait par ailleurs récemment amélioré sensiblement les performances de la DRAM 4 mégabits en diminuant de 65 à 22 milliardièmes de seconde le temps d'accès à une information stockée.

Motorola a relancé, début 89, sa production de mémoires DRAM, en collaboration avec Toshiba.

Texas Instruments prévoit de créer en Italie une usine de production de DRAM 4 mégabits, qui sera opérationnelle à la mi-91. Texas Instruments aura ainsi une unité de production de composants dans plusieurs pays de la Communauté: composants militaires en France à Nice depuis 1961, circuits linéaires et sur mesure en Grande-Bretagne, semi-conducteurs à forte intégration en RFA, assemblage et test au Portugal.

La bataille des mémoires DRAM 16 mégabits est également engagée.

Texas Instruments a par exemple signé au début 1989 un accord de coopération sur les mémoires DRAM 16 mégabits avec Hitachi.

La tendance à la collaboration entre firmes concurrentes est manifeste. L'achat par des fabricants européens ou américains de licences auprès des entreprises japonaises est la norme pour réduire un handicap. Cette situation est l'inverse de celle des années soixante-dix. Ceci rend plus urgente la coopération entre entreprises non japonaises. Les pratiques actuelles la rendent toutefois plus délicate.

2. La course à la puissance et à la vitesse pour les microprocesseurs

Le marché de microprocesseurs est en forte croissance. Leurs domaines d'application se multiplient: informatique, bureautique, télécommunications, gestion et contrôle de production, défense., etc. La puissance des microprocesseurs s'accroît d'année en année. Les microprocesseurs 32 bits représentent en 1989 plus de la moitié du marché. Leur part devrait passer aux trois quarts avant 1993.

Les entreprises américaines de semi-conducteurs ont survécu dans la passe difficile de la fin des années 80 grâce à leur prééminence dans le domaine des microprocesseurs. Leur avance est réelle dans le domaine des microprocesseurs vendus sur le marché comme dans celui des microprocesseurs fabriqués pour leurs propres besoins par les grands constructeurs informatiques.

Les entreprises américaines - Intel et Motorola - leaders du marché haut de gamme (microprocesseurs 16 bits et 32 bits)-entendent maintenir leur avance en améliorant les performances de leurs microprocesseurs en terme de puissance (intégration accrue) ou de vitesse (architecture RISC). D'autres évolutions possibles existent pour améliorer les performances des microprocesseurs, avec les processeurs parallèles. Les entreprises japonaises sont, quant à elles, lancées dans un processus de rattrapage.

Il n'y a aucune raison sérieuse pour que ce domaine des circuits intégrés échappe indéfiniment à la concurrence japonaise.

L'augmentation de puissance des microprocesseurs

Pour tenter de maintenir son avance, Intel a franchi une nouvelle étape dans la course à la puissance pour les microprocesseurs, avec le lancement de la nouvelle famille Intel 486. Un million de transistors sont intégrés sur ce composant, qui, utilisé dans des micro-ordinateurs, leur confèrera la puissance d'un gros ordinateur, comme les premiers 3090 d'IBM. Après avoir perdu ses fortes positions dans le domaine des mémoires, Intel, 7ème producteur mondial de semi-conducteurs, a réussi à se rétablir grâce au succès de son microprocesseur 386, qui équipe la grande majorité des micro-ordinateurs PC compatibles. Le 486, compatible avec le 386, est présenté comme la base des 10 prochaines années en termes de microprocesseurs. Intel cherche également à en promouvoir l'utilisation dans les gros ordinateurs.

Intel devrait investir 300 millions de \$ en Europe, pour la production de microprocesseurs, notamment son nouveau 486, et celle de mémoires. INTEL étudie la possibilité de s'associer avec Siemens ou Philips ou un fabricant américain pour ce projet. Une version dégradée de ce projet consisterait en la création, pour 15 millions de \$ d'une unité d'assemblage. Intel a noué des liens dans le passé avec Philips et Matra-Harris. Intel à l'heure actuelle souhaiterait renforcer ses liens avec des entreprises clientes comme Siemens, avec qui une filiale commune BIIN a été créée en juillet 1988, pour les applications industrielles hautement sécurisées.

La technologie RISC

La technologie RISC (Reduced Set Instruction Computer) part d'un constat simple: seule une faible partie du jeu d'instructions présentes dans un microprocesseur standard est utilisé. La présence dans le "coeur" du microprocesseur des autres instructions ne se justifie pas : elle ralentit l'accès aux instructions utilisées en permanence. D'où l'idée de n'implanter dans la partie la plus aisément accessible du microprocesseur que les instructions courantes : c'est le principe de la technologie RISC. Deux principaux types d'architecture RISC existent: les architectures MIPS et SPARC.

L'architecture RISC est particulièrement utile pour les applications nécessitant une importante puissance de calcul. Elle est utilisée dans le haut de gamme des microprocesseurs. On trouve ainsi des

microprocesseurs RISC dans des ordinateurs centraux et dans des stations de travail.

IBM a été le premier à les introduire dans les stations de travail (station IBM-RT). Les leaders actuels du marché ont suivi: Sun Microsystems, Apollo, Hewlett-Packard, DEC, notamment, y recourent.

Au total, les microprocesseurs RISC représentaient en 1988 9 % du marché des microprocesseurs 32 bits. Leur part devrait atteindre 33 % en 1992, soit environ 400 millions de \$.

Les entreprises américaines maîtrisent ce segment de marché. Fujitsu, Matsushita et NEC ou Siemens ne mettent en oeuvre ces technologies que sous licence.

Les architectures parallèles

Une autre voie prometteuse pour les microprocesseurs est celle des architectures parallèles.

En associant de nombreux microprocesseurs fonctionnant en parallèle, ou en concevant des circuits spécifiques adaptés au traitement de données en parallèle, comme le Transputer d'INMOS-SGS-THOMSON, il est possible d'accélérer les traitements et d'atteindre des puissances de calcul jusqu'alors réservées aux super-ordinateurs.

Le Transputer comprend ainsi une unité de calcul traitant des données de 32 bits. 4 milliers d'octets de mémoire vive et 4 processeurs de communication permettent au Transputer d'échanger des informations à la vitesse de 20 millions de bits par seconde avec 4 autres Transputers. Le Transputer est donc particulièrement adapté aux réseaux multiprocesseurs, dans lesquels chaque unité de calcul travaille en étroite association avec ses voisins.

Ce sont des petites sociétés qui ont commencé les recherches dans le domaine des architectures parallèles. Certains projets ont été réalisés dans le cadre d'Esprit I, avec le projet P 1085 qui a débouché sur le supercalculateur à architecture massivement parallèle, le T-Node.

D'autres domaines d'utilisation apparaissent pour le Transputer: traitement d'image, contrôle de périphériques, cartes d'extension pour les micro-ordinateurs et les stations de travail, systèmes informatiques répartis, systèmes de contrôle de la production. De nombreux outils de programmation et de développement adaptés à ce type d'architecture doivent encore être mis au point. Les grands constructeurs comme IBM commencent à s'intéresser à cette technologie.

Les efforts des entreprises japonaises

Depuis 1983, année de lancement du programme TRON, les Japonais s'attaquent à la conception et à la fabrication de microprocesseurs.

TRON (The Realtime Operating System Nucleus) consiste en la création de microprocesseurs entièrement originaux, dotés de leur propre environnement logiciel et d'une architecture spécifique. Ces microprocesseurs sont par ailleurs adaptés au traitement des idéogrammes. Le programme TRON est organisé en deux parties: Industrial Tron pour les processus industriels et BTron pour les applications micro-ordinateurs. Deux projets complémentaires ont été lancés : l'un pour superviser ITron et BTron, l'autre pour intégrer les contraintes de fonctionnement des ordinateurs en réseaux.

Les premiers microprocesseurs réalisés sont encore très inférieurs aux meilleurs microprocesseurs d'Intel ou de Motorola.

La puissance des moyens engagés par les entreprises japonaises et l'importance des microprocesseurs dans la filière électronique indiquent que les efforts actuels seront poursuivis.

3. Les circuits intégrés spécifiques

Les circuits intégrés spécifiques (ASIC -Application Specific Integrated Circuits) connaissent une des croissances les plus importantes parmi les semi-conducteurs. La demande a augmenté de 30 % en 1988.

Les ASIC répondent par définition à des besoins spécifiques, liés à une application particulière. Des solutions intégrant plusieurs ensembles de composants reliés sur une carte électronique sont en

général possibles. L'intégration des différentes fonctions recherchées sur une même puce apporte deux avantages : la miniaturisation et la diminution de la consommation d'énergie.

Les principaux types d'ASIC sont les suivants:

- . les circuits logiques programmables PLD (Programmable Logic Device)
- . les circuits précaractérisés (Standard Cells)
- . les circuits prédiffusés (Gate Arrays).

Les variations au cours du temps des positions des différents concurrents pour ces trois catégories d'ASIC sont le reflet de la situation sur les marchés des mémoires et des microprocesseurs.

Les circuits logiques programmables ou précaractérisés nécessitent des compétences en conception-programmation voisines de celles des microprocesseurs : les entreprises américaines dominent le marché. Les circuits prédiffusés mettent en oeuvre des techniques de fabrication fines sur des volumes de production importants: la part de marché des entreprises japonaises dépasse les 60 %.

Le créneau des ASIC est au total celui où la proximité avec l'utilisateur, la souplesse et la rapidité de la production sont des facteurs essentiels de succès.

Ceci explique les bonnes performances d'entreprises non classées parmi les toutes premières du secteur des semi-conducteurs, comme SGS-Thomson, ou la compétitivité de PMI dynamiques comme ES2.

Les technologies développées pour les mémoires à forte intégration diffuseront toutefois dans le domaine des ASIC.

Les entreprises spécialisées dans ces circuits ne pourront s'en tenir à l'écart, sauf à disparaître.

VI.- LA SITUATION DES ENTREPRISES FRANÇAISES

Les principales entreprises du secteur des semi-conducteurs à usage civil sont actuellement en France au nombre de 6, dont 2 filiales d'entreprises françaises et 4 sous contrôle étranger :

. filiales d'entreprises françaises : SGS-Thomson filiale commune à 50/50 de Thomson et de l'IRI; Matra MHS

. filiales d'entreprises étrangères: IBM France; RTC du groupe Philips; Texas Instruments; Motorola.

En dépit du soutien renouvelé des pouvoirs publics depuis 1966, la situation des entreprises sous contrôle français demande encore à être consolidée.

1. Historique : l'évolution du secteur et la politique des pouvoirs publics (1966-1986)

La première action déterminée des pouvoirs publics en faveur des composants électroniques date du premier Plan Calcul (1966-1971). Aux termes de ce plan, le soutien accordé à la CII - créée en 1966 pour les calculateurs - et à la Sperac - pour la péri-informatique - atteint 700 millions de F sur la période. Les composants électroniques, quant à eux, reçoivent 140 millions de F.

Le premier Plan Calcul (1966-1971)

Les difficultés financières de Bull et le souci de l'indépendance nationale en matière de grands calculateurs motivent la mise en place du Plan Calcul. Le caractère - lui aussi - stratégique des composants électroniques n'échappe pas aux pouvoirs publics.

La principale entreprise française engagée dans le secteur des semi-conducteurs est pendant le déroulement du premier Plan Calcul la SESCOSEM. Cette entreprise résulte de la fusion intervenue en juillet 1968 de la SESCO, filiale de Thomson Houston Hotchkiss Brandt, et de COSEM, filiale de CSF.

Un partage des tâches s'est en effet effectué de facto en France dans les industries électriques, électroniques et les télécommunications, au terme d'un processus de regroupements et de cessions. La CGE opère dans l'électrotechnique et les télécommunications. Elle se sépare de RTC, vendue à Philips. Les domaines d'action de Thomson sont l'électronique professionnelle, le matériel grand public, l'informatique et les composants.

Le deuxième Plan Calcul (1971-1975)

Le deuxième Plan Calcul (1971-1975) s'inscrit dans le cadre du VIème Plan. Il concerne les domaines de l'informatique et de la péri-informatique, au premier chef la CII qui absorbe la Sperac, mais aussi Intertechnique, Logabax et Télémécanique.

L'importance stratégique des semi-conducteurs y est confirmée. L'industrie des composants reçoit environ 200 millions de F sur la période. La SESCOSEM bénéficie d'une subvention de 40 millions de F sur la période 73-77, contre 20 millions de F entre 68 et 72.

La situation du "champion français" des semi-conducteurs demeure toutefois fragile. Le chiffre d'affaires de SESCOSEM atteint 313 millions de F en 1976 ; la perte d'exploitation s'élève à près du tiers de ce montant. Sa part dans la production nationale de composants électroniques s'affaiblit : de 23 % en 1968, elle passe à 16,3 % en 1974. Sa production de circuits intégrés représente 70 millions de F. Pour Thomson CSF qui contrôle SESCOSEM, l'activité composants ne se justifie qu'en tant que soutien apporté aux autres secteurs. L'objectif de la rentabilité est posé mais pas celui de la compétitivité sur le marché international.

Au cours de cette période, la prédominance de Thomson sur le secteur n'est pas remise en cause. En 1976, Thomson prend même une participation de 35 % dans EFCIS, filiale du CEA spécialisée dans les circuits spécifiques ASIC.

En 1978, la production de circuits intégrés réalisée par des entreprises françaises (SESCOSEM et EFCIS) ou implantées en France (RTC-Philips, Texas Instruments et Motorola) ne représente que 45 % du marché français, dont 16 % pour SESCOSEM et EFCIS.

Le premier Plan circuits intégrés (1978-1982)

Un premier Plan circuits intégrés est élaboré mi-1977 pour remédier à cette situation de dépendance. Il prévoit l'octroi d'une aide de 600 millions de F sur la période 78-82. Son objectif est la création d'unités de production françaises ou étrangères de circuits intégrés.

Les pouvoirs publics choisissent d'adjoindre à Thomson deux intervenants supplémentaires: Matra et Saint-Gobain.

La SESCOSEM bénéficie d'une aide de 100 millions de F sur 5 ans. En fin de période, l'entreprise - la plus importante du secteur en France - est spécialisée dans les circuits linéaires et les bipolaires. Elle maîtrise la technologie MOS acquise de Motorola. Thomson réunit en juillet 1981 la SESCOSEM et EFCIS, sa filiale commune avec le Commissariat à l'Energie Atomique.

Choisie pour dynamiser l'offre française en matière de semi-conducteurs, Matra bénéficie d'une aide équivalente à celle de la SESCOSEM. Matra crée en 1979 une société commune avec Harris, producteur américain réputé de circuits intégrés. La répartition du capital de Matra Harris Semi-Conducteurs est la suivante : 51 % pour Matra et 49 % pour Harris. De véritables transferts de technologie CMOS sont effectués par Harris au profit de la nouvelle société. En 1980, une filiale à 53 % de Matra Harris Semiconducteurs et à 47 % de la société américaine Lamination Technology Inc. est créée pour la production de circuits imprimés multicouches. En 1981, Matra Harris Semiconducteurs crée CIMATEL, une filiale commune avec INTEL, pour étendre son activité aux technologies NMOS (circuits intégrés pour les télécommunications, l'informatique et l'automobile). Fin 1981, Matra Harris Semiconducteurs maîtrise les technologies CMOS, HMOS, NMOS et fait preuve du dynamisme attendu.

Saint-Gobain Pont-à-Mousson recherche en 1977 une diversification. L'entreprise est retenue pour constituer le troisième pôle des semi-conducteurs. A cet effet, Eurotechnique est créée, en tant que filiale à 51 % de Saint-Gobain et à 49 % de National Semi-Conductor, entreprise américaine leader du secteur, qui apporte sa technologie. Eurotechnique reçoit également une aide totale de 100 millions de F sur la période 78-82. A la fin de cette dernière, Eurotechnique est spécialisée dans la technologie HMOS et les

grandes séries. Son offre est relativement peu diversifiée et sa recherche-développement limitée.

Le premier Plan circuits intégrés accorde également une aide globale de 100 millions de F sur la période à RTC-Philips, pour l'aider à développer son offre de circuits bipolaires utilisés dans les télécommunications et l'informatique.

Le Plan Filière Electronique (1983-1987)

Le soutien de l'Etat à l'industrie des semi-conducteurs est réaffirmé dans le Plan filière électronique de juillet 1982, qui fait suite au rapport Farnoux de mars 1982. Le Plan filière électronique est un programme d'action quinquennal ambitieux portant sur la période 83-87. Ce Plan vise le rétablissement de la balance commerciale française en électronique-informatique et l'affirmation de la maîtrise technologique de l'ensemble de la filière.

L'enveloppe prévue est de 140 milliards de F, dont 55 à la charge de l'Etat. Il est prévu la création de 80.000 emplois grâce à l'accélération de la croissance de la production qui devra passer de 3 % par an à 9 %.

La priorité numéro 1 est le renforcement des points forts de l'industrie française: électronique professionnelle civile et militaire et télécommunications. La deuxième priorité est le développement de secteurs stratégiques.

Les composants électroniques figurent dans ces derniers, avec l'électronique grand public et l'informatique. L'aide qu'il est prévu d'apporter à l'industrie des composants est de 10 milliards de F.

Le deuxième Plan circuits intégrés (1983-1986)

Le deuxième Plan circuits intégrés (83-86), adopté en juillet 1983, finalise, dans le cadre du Plan filière électronique, l'impulsion supplémentaire donnée par les pouvoirs publics à l'industrie des semi-conducteurs. La situation est en effet défavorable. En 1981, les entreprises sous contrôle français ne fournissent que 23 % de la production réalisée en France.

Le deuxième Plan composants conduit à regrouper les moyens de l'industrie des circuits intégrés. Thomson nationalisé à 100 % rachète Eurotechnique à Saint-Gobain elle-même recentrée, à la suite de sa nationalisation à 100 %, sur ses métiers de base, et à National Semi-Conductors qui fournit les licences nécessaires à la poursuite de l'activité. Une priorité de fait est donnée aux circuits linéaires en technologies MOS et CMOS. L'objectif est en effet de fournir en circuits intégrés une industrie de l'électronique grand public revivifiée. Matra nationalisé à 51 % continue son activité dans les semi-conducteurs avec MHS. Les deux pôles actuels de l'industrie sont en place : Thomson et Matra Harris Semi-conducteurs.

Le deuxième Plan circuits intégrés assure la continuité avec le précédent. A cet effet, sont allouées, pour assurer la transition, les sommes suivantes: 240 millions de F pour les aides à la recherche, 300 millions de F pour les aides à l'investissement.

Pour la période 83-86, le Plan prévoit 3,2 milliards de F pour les seules aides à la recherche. Les marchés alloués par la DGT s'élèvent à 725 millions de F pour la période 81-84. Le Plan inclut des dotations en capital à Thomson. Les engagements des pouvoirs publics sont non seulement tenus mais encore dépassés au cours de l'exécution du Plan. Le soutien à la Recherche et Développement s'élève à 3,7 milliards de F; les prêts du Fonds Industriel de Modernisation approchent 600 millions de F et les dotations en capital consacrées par les sociétés nationalisées à ce secteur excèdent 1 milliard de F. Le ministère de l'industrie et de la recherche assure 53 % des financements, la Défense 25 % et les Télécommunications 22 % .

La répartition des crédits dans les différents domaines du programme est respectée de la manière suivante:

	prévision	réalisation
.circuits intégrés silicium	48 %	59 %
.circuits intégrés AsGa	12 %	7 %
.promotion de l'utilisation des circuits intégrés	9 %	9 %
.dispositifs à mémoires à bulles	3 %	4 %
.conception assistée par ordinateur	6 %	2,5 %
.machines de fabrication des circuits intégrés	8 %	8 %
.matériaux pour circuits intégrés	3 %	2 %
.assemblage	3 %	1,5 %
.recherche de base	8 %	7 %
Total	100 %	100 %

Au cours de la période, Thomson fait preuve du dynamisme attendu. La majeure partie des dotations en capital du groupe (3,5 milliards de F de 82 à 85) est affectée à l'activité composants. Thomson Composants lance en 1983 la production de circuits intégrés en très grandes séries. Mostek, entreprise américaine de haut niveau technologique, est rachetée, à la suite de ses difficultés financières consécutives à la récession du secteur. Sa production de circuits intégrés est multipliée par 4 entre 1982 et 1986.

L'effort des pouvoirs publics se traduit également par un Plan spécifique pour les composants passifs, pour la période 83-86. Il met en jeu 800 millions de F pour l'aide à la recherche et développement des PMI du secteur. Ces aides assurent la prise en charge de la moitié des crédits de recherche et développement de ces PMI, à charge pour elles d'investir le même montant.

Le Plan PUCE

Le Plan PUCE (Produits Utilisant des Composants Electroniques) de juillet 1983 vise à promouvoir l'intégration de composants électroniques et en particulier de circuits intégrés de fabrication française dans les produits industriels. Il s'adresse aux PMI/PME de moins de 2000 salariés. 10 millions de F sont distribués en 1983 et 20 millions de F en 1984 (sur les 30 millions prévus pour cette année) pour les cas suivants: subventions pour des études de

faisabilité (2/3 des dépenses); avances remboursables de 50 % des coûts globaux hors investissements.

La position de l'industrie française en 1986

Le deuxième Plan circuits intégrés produit des conséquences positives sur les deux firmes françaises. En 1984, le marché français croît de 40 %. Les chiffres d'affaires de Thomson Semi-Conducteurs et de Matra Harris Semi-Conducteurs croissent respectivement de 58 % et de 96 %.

Thomson s'est redéployée vers les produits du marché et les grandes séries, notamment pour les circuits intégrés MOS et CMOS. L'entreprise aborde la production de microprocesseurs de la famille Motorola et acquiert les technologies Oki pour les mémoires DRAM. En 1984, Thomson Semi-Conducteurs réalise à l'étranger 56 % de son chiffre d'affaires de 2,2 milliards de F pour les semi-conducteurs, contre 27 % en 1982. Matra Harris Semi-Conducteurs réalise en 1984 289,3 millions de F de chiffre d'affaires dans les composants actifs et possède une bonne assise technologique pour les circuits CMOS. Globalement, pour l'année 84, la production de circuits intégrés réalisée en France a augmenté plus rapidement que le marché français.

La crise mondiale qui affecte le secteur des semi-conducteurs à partir de 1984-1985, ne se traduit pas par un affaiblissement relatif de l'industrie française.

milliards de F	1983	1984	1985	1986
Semi-Conducteurs discrets:				
- CA métropole	0,79	0,90	0,95	0,97
- Exportations	0,92	1,41	1,62	1,64
Circuits intégrés:				
- CA métropole	1,54	2,38	2,28	1,97
- Exportations	0,76	1,69	1,74	1,76
Ensemble: ratio Exportations/ Importations	89 %	95 %	99 %	107 %

(source: SITELESC)

L'amélioration du taux de couverture se poursuit pendant la crise.

La situation des forces en présence sur le marché français en 1986 est la suivante:

Production de circuits intégrés réalisée en France et marché français
en millions de F (1986) - source: ministère de l'Industrie - Series

	Bipolaires		MOS		Total	
	lin.	log.	mém.	log. mém. micropro.		
<i>Production des entreprises majoritairement françaises</i>						
Thomson	511	49	21	329	315 350	1575
Matra M.H.S.	0	0	0	33	93 84	210
<i>Total de la production des entreprises majoritairement françaises</i>						
	511	49	21	362	408 434	1785
<i>Production des filiales d'entreprises étrangères</i>						
RTC	264	135	5	0	0 0	404
SGS	153	0	0	0	0 0	153
Texas I.	0	0	0	318	11 300	629
Motorola	525	73	0	0	0 0	598
<i>Production totale réalisée en France</i>						
	1453	257	26	680	419 734	3569
<i>Marché français des circuits intégrés</i>						
	1052	621	184	883	854 579	4173
<i>Taux de couverture Production réalisée en France/Marché français</i>						
	1,38	0,41	0,14	0,77	0,49 1,27	0,86

La situation ci-dessus demeure imparfaite pour les raisons suivantes :

- .les filiales des entreprises étrangères installées en France assurent 50 % de la production réalisée sur le sol français
- .le taux de couverture global est inférieur à 1: la France enregistre un déficit commercial pour les circuits intégrés
- .la situation est particulièrement défavorable pour les mémoires
- .la situation est artificiellement bonne pour les microprocesseurs: les constructeurs nationaux de microprocesseurs ont une part du marché mondial négligeable.

L'industrie française a réussi une progression considérable, entre 1982 et 1986:

Production <i>millions de F courants</i>	Thomson		Matra MHS	
	1982	1986	1982	1986
.Bipolaires linéaires	225	511	0	0
.Bipolaires numériques logiques	0	49	0	0
.Bipolaires mémoires	0	21	0	0
.MOS logiques	73	329	2	33
.MOS mémoires	55	315	30	93
.MOS microprocesseurs	50	350	0	84
Total	403	1575	32	210

Mais, dès la fin de période, la situation de l'industrie des semi-conducteurs apparaît comme menacée.

Le marché des semi-conducteurs est en effet en crise. L'industrie française la traverse sans trop de dommage. Mais cette crise consacre la montée en puissance de l'industrie japonaise des semi-conducteurs. Le contexte stratégique est celui d'une guerre technologique intense.

Les enjeux changent d'échelle.

Les réponses des deux principaux acteurs français à ce changement structurel des conditions de l'offre et de la demande et leur situation actuelle sont examinées dans le détail ci-dessous.

2. SGS-Thomson : historique, situation présente et perspectives à court terme

2.1. La fusion Thomson Semi-Conducteurs - SGS

La seule chance de pérennité : le regroupement

Thomson Semi-Conducteurs (TH-SC) réalise en 1986 un chiffre d'affaires de 436 millions de \$, dont 302 en Europe. Dans le classement mondial des producteurs de semi-conducteurs, TH-SC occupe la 17ème place; pour les composants discrets, sa place est 13ème et pour les circuits intégrés 16ème. Au total, la part de marché de TH-SC est de 1,7 %.

L'analyse que font les dirigeants de TH-SC est que la stratégie 'PME' dans les semi-conducteurs est condamnée. L'industrie des semi-conducteurs est devenue une industrie lourde. Les capitaux à investir dans une ligne de production atteignent 500 millions de F. L'industrie des semi-conducteurs doit aussi dépenser chaque année entre 15 et 20 % de son chiffre d'affaires dans la Recherche et le Développement.

Des deux stratégies possibles a priori pour l'industrie des semi-conducteurs: stratégie généraliste ou stratégie de spécialité, Thomson choisit résolument la stratégie généraliste. Pour Thomson, c'est la seule capable de garantir la pérennité - un "spécialiste" dépend de la technologie des autres, faute d'un volume de recherche et développement suffisant -. En contrepartie, la stratégie de généraliste exige une taille critique suffisante.

La direction de Thomson évalue à 3 % du marché mondial la taille critique pour une stratégie de généraliste. Elle constate également que le taux de croissance du chiffre d'affaires est un paramètre fondamental, dans la phase actuelle de progrès technologique intensif.

Le choix fait en 1986 est de rechercher un accord avec SGS, entreprise italienne filiale au travers de la STET de l'IRI italien.

Thomson Semi-Conducteurs en 1986

Le chiffre d'affaires réalisé en 1986 par Thomson Semi-Conducteurs s'élève à 436 millions de \$, contre 148 millions de \$ en

1982. 70 % de ce chiffre d'affaires est réalisé hors de France. En 1985, fait significatif de l'engagement de Thomson dans le secteur, Mostek l'un des leaders technologiques du secteur est racheté. Thomson Semiconducteurs possède 10 sites industriels: en France: Tours, Aix-les-Bains, Grenoble, Maxéville, Aix-en-Provence, le Rousset; au Maroc: Casablanca; en Asie: Singapour, Penang; aux Etats-Unis: Dallas. Thomson Semiconducteurs dispose de 47 bureaux de vente dans 15 pays.

La SGS, avant le regroupement

SGS Microelettronica SpA est une filiale du groupe STET. STET est l'une des holding de l'IRI qui regroupe les participations de l'Etat italien dans les secteurs de l'électronique et des télécommunications. La STET possède aussi des participations dans des entreprises comme SIP, Italcable, Telespazio, Italtel, Selenia-Elsag.

Le chiffre d'affaires réalisé par SGS en 1986 est de 375 millions de \$, contre 228 millions de \$ en 1983. 80 % de ce chiffre d'affaires est réalisé hors d'Italie. SGS possède cinq établissements industriels: en Italie: Agrate, Catane; en France: Rennes; en Asie: Singapour, Malaisie. Son réseau commercial comprend 33 bureaux de vente dans 19 pays.

Le rang de SGS dans la compétition mondiale est en 1986 le suivant: 20ème pour les semi-conducteurs discrets, 17ème pour les circuits intégrés. Au total la part de SGS dans le marché mondial des semi-conducteurs est de 1,5 %.

SGS est le suivant immédiat de Thomson Semi-Conducteurs dans le classement mondial de 1986 pour les circuits intégrés.

La complémentarité Thomson Semi-conducteurs - SGS

Les catalogues de produits sont complémentaires. TH-SC réalise la moitié de son chiffre d'affaires en technologie MOS, sur des circuits intégrés standards et des circuits spécifiques (ASIC). SGS obtient la moitié de son CA avec les technologies bipolaires, essentiellement avec des circuits standards. Une bonne complémentarité existe aussi pour les semi-conducteurs discrets. La réunion des deux catalogues permet de couvrir toute la gamme des semi-conducteurs discrets.

Les appareils industriels se complètent. Thomson est bien implanté aux Etats-Unis, SGS à Singapour. Thomson possède des usines d'assemblage en Europe - en France -, et SGS en Extrême-Orient.

Les positions commerciales sont également en synergie. Chacune des deux sociétés a une position dominante dans son pays d'origine, l'addition de deux conduisant à la deuxième place européenne derrière Philips mais devant Texas Instruments, Motorola et Siemens. Hors d'Europe, Thomson apporte sa bonne implantation relative aux Etats-Unis, SGS apporte ses positions satisfaisantes en Asie.

La mise en commun de la recherche et développement permet d'atteindre immédiatement la taille critique et d'atteindre des synergies sur des projets communs.

Les modalités du rapprochement

Le premier principe retenu est que les activités militaires de Thomson Semiconducteurs ne sont pas concernées. La Division Militaire et Spatiale (DMS) de Th SC et la Division Hybrides et Micro-Ondes restent dans l'orbite de Thomson CSF au sein de la branche composants spéciaux.

Le deuxième principe du rapprochement est la création d'une nouvelle entité, une société holding appelée SGS-THOMSON Microelectronics BV, de droit néerlandais. Cette holding est détenue à 50/50 par Thomson CSF et par la STET. Deux entités sont créées: SGS Thomson SA en France et SGS Thomson SpA en Italie. La holding détient 100 % des deux sociétés, qui absorbent les filiales du partenaire dans le pays d'origine.

Le principe de la répartition 50/50 est, au moment de l'accord, critiqué pour plusieurs raisons. Les "joint ventures" à 50/50 sont difficilement gouvernables, dans la mesure où l'obligation d'un accord permanent entre les partenaires est difficile à obtenir et où son absence peut conduire au blocage de l'entreprise. La position de Thomson Semiconducteurs est légèrement plus favorable dans le domaine des circuits intégrés (16ème au lieu de 17ème) et nettement meilleure pour les semi-conducteurs discrets (13ème au lieu de 20ème).

En réalité, la répartition 50/50 peut être présentée comme le symbole d'une volonté de coopération européenne sur un plan d'égalité. A ce titre, le P-DG de SGS-Thomson Microelectronics BV est un Italien: M. Pistorio et le Directeur Général, un Français: M. Wahl. Par ailleurs, les positions réelles de Thomson Semiconducteurs et de SGS sont plus équilibrées que les classements ne l'indiquent, si la part des composants militaires de Th SC est retirée de la base de comparaison.

La preuve de l'équilibre de l'accord est donnée par son bon fonctionnement

2.2. SGS-Thomson, 12ème mondial et meilleur taux de croissance européen

L'objectif fixé par les deux actionnaires est triple:

- être un fournisseur d'une gamme complète et compétitive de semi-conducteurs discrets, de circuits intégrés logiques et de puissance standards ou spécifiques ainsi que de sous-systèmes,
- être une entreprise viable et donc rentable
- et donc assurer l'indépendance stratégique dans le domaine des semi-conducteurs aux deux actionnaires et à l'industrie électronique européenne.

La condition du succès est clairement identifiée comme étant d'opérer sur le marché mondial et de faire croître rapidement le chiffre d'affaires pour devenir et rester l'un des 10 premiers producteurs mondiaux de semi-conducteurs.

Les résultats de l'année 1988 indiquent que la voie tracée est fidèlement suivie.

SGS-Thomson rachète en 1988 à Thorn-EMI la société INMOS, entreprise britannique de haute technologie qui a développé un microprocesseur "parallèle" performant, le Transputer. En contrepartie de la vente d'INMOS à SGS-THOMSON, Thorn-Emi prend une participation de 10 % dans le capital de SGS-THOMSON, pour un montant de 200 millions de \$. Par ailleurs, Thorn Emi s'engage à souscrire, pour un montant de 10 millions de \$ et à hauteur de 10 %, à une augmentation de capital de 100 millions de \$ de SGS-Thomson.

Cette opération de croissance externe permet à SGS-Thomson de passer à la 12ème place du classement mondial des producteurs de semi-conducteurs. En Europe, SGS-Thomson est 2ème derrière Philips. Le chiffre d'affaires consolidé de SGS-Thomson s'élève à 1,222 milliard de \$. Sur les 4 premiers mois de 1989, SGS-Thomson dégage 2 millions de \$ de profit, pour un chiffre d'affaires de 310 millions de \$. La société a connu pour la première fois en 1988 un profit hors éléments exceptionnels de 2,2 millions de \$ contre une perte de 131,6 millions de \$ en 1987.

La croissance du chiffre d'affaires est de 26,3 % en 1988 par rapport à 1987, à structures égales. Parmi les sociétés non-japonaises, seuls Intel et Texas Instruments obtiennent des taux de croissance supérieurs (respectivement 57,6 % et 28,9 %). Les concurrents européens de SGS-Thomson se développent moins rapidement en 1988: Siemens: + 19,6 % et Philips: + 10,1 % .

Sur le plan de l'offre produit, la gamme SGS-Thomson est large:

. circuits intégrés standards:

- . linéaires, PLD, FIFO
- . circuits logiques
- . mémoires: SRAM, EPROM, EEPROM
- . microprocesseurs: famille 6800 Motorola; famille Z 8000; microcontrôleurs 4,8,16 bits; transputer

. circuits intégrés dédiés:

- . télécommunications: téléphone et télématique
- . ordinateurs, périphériques
- . industriels
- . électronique grand public
- . automobile

. semi-conducteurs discrets:

- . transistors bipolaires et MOS de puissance
- . diodes et transistors pour courants faibles
- . redresseurs, thyristors et triacs
- . circuits intégrés semi-finis

SGS-Thomson compte plus de 18 000 salariés. Ses différentes implantations dans le monde sont les suivantes:

	recherche & développement design	production
. France:		
Gentilly	x	
Grenoble	x	x
Nancy		x
Rennes	x	x
Le Roussat	x	x
Tours	x	x
. Italie:		
Catane	x	x
Agrate	x	x
Milan	x	
Castelleto	x	
. Europe et Afrique du Nord:		
Royaume-Uni: Bristol,		
Marlow, Newport	x	x
RFA: Grafing, Munich	x	x
Malte		x
Maroc: Casablanca		x
. Etats-Unis:		
Philadelphie	x	x
Dallas	x	x
Colorado Springs		x
Phoenix	x	x
San Jose	x	
. Asie:		
Corée du Sud: Séoul	x	
Hong-Kong	x	
Taipei	x	
Singapour	x	x
Malaisie		x

Cet appareil de recherche, de développement et de production résulte de la fusion des actifs de SGS et de Thomson. A cette occasion, 5 sites ont été fermés ou cédés. Sur la base des résultats de 1987, le chiffre d'affaires moyen par site était de 50 millions de \$. Les concurrents de SGS-Thomson à la même époque réalisaient 100 millions de \$ par site. Une rationalisation était présentée comme nécessaire.

La répartition du chiffre d'affaires par type de produits se rapproche de celle du marché mondial:

en % du total	Marché Mondial	Thomson-SGS
circuits dédiés et ASIC	27	36
mémoires	24	20
microprocesseurs	15	15
semi-conducteurs discrets	20	21
autres	14	8
total	100	100

En 1989, SGS-Thomson investira 220 millions de \$ en R&D, soit entre 15 et 20 % de son chiffre d'affaires.

Les aides de l'Etat à SGS-Thomson ont été les suivantes, sous forme de subventions d'exploitation ou d'aides à la recherche-développement: 1985: 540 millions de F ; 1986: 450 millions de F; 1987: 300 millions de F; 1988: 400 millions de F. L'Etat italien a octroyé en 1987 300 millions de F de subventions et 120 millions de F de prêts spéciaux.

2.3. Les objectifs de SGS-Thomson en 1989

Pour Thomson-SGS, deux objectifs principaux doivent être atteints dans les années à venir:

. s'implanter sur le marché japonais qui ne représente que 2 % de son CA, alors que c'est le plus gros marché du monde;

. produire des mémoires DRAM, qui sont considérées comme le pétrole brut de l'électronique (micro-informatique et grande informatique notamment).

Le ticket d'entrée sur le marché des mémoires dynamiques est évalué par le P-DG de Thomson-SGS à hauteur de 250 millions de \$. Ce marché est prioritaire: il connaît la plus forte expansion et permet d'acquérir la maîtrise de technologies transposables à d'autres circuits. SGS-Thomson a déjà la pratique des alliances avec des

fabricants japonais: Toshiba et Oki. Oki pourrait être le partenaire de SGS-Thomson pour investir ce créneau des DRAM.

SGS-Thomson est l'un des promoteurs les plus actifs de JESSI (Joint European Submicron Silicon), programme européen devant permettre de mettre en commun les moyens de recherche nécessaires à la fabrication des mémoires de la nouvelle génération.

Sur le plan des microprocesseurs, le rachat d'Inmos et la présence du Transputer au catalogue de SGS-Thomson constituent une occasion de choix pour faire une entrée sur le segment de marché le plus évolué, celui des microprocesseurs 32 bits. Les Transputers sont particulièrement performants dans des applications comme la gestion de l'image, la gestion des périphériques des micro-ordinateurs, l'image de synthèse, les calculs complexes et l'électronique grand public.

Plus de la moitié des Transputers sont vendus aux Etats-Unis. Début septembre 89, SGS-Thomson annonce la disponibilité du Transputer bas de gamme 32 bits à 10 millions d'instructions par seconde pour 20 dollars, soit le tiers du prix du microprocesseur équivalent de Motorola.

L'objectif retenu est donc, en cassant les prix, de prendre une part significative de ce marché stratégique. SGS-Thomson prévoit de produire dans les prochains mois une nouvelle gamme de Transputers, dont les prix de vente seront encore plus bas. La percée du Transputer est possible et donnerait à SGS-Thomson une dimension nouvelle.

3. MATRA MHS

Matra MHS est le deuxième producteur - sous contrôle français - de semi-conducteurs. Comparé à celui de SGS-Thomson, son chiffre d'affaires est d'environ 15 fois inférieur. Ses effectifs sont de 700 personnes contre 18 000 à SGS-Thomson. Matra MHS est un "spécialiste", dont l'activité se situe sur des "niches" du marché des semi-conducteurs.

La présence de Matra dans l'industrie des semi-conducteurs en France résulte de sa volonté de maîtriser la production de circuits intégrés utilisés dans la quasi-totalité des produits du groupe. Cette volonté rencontre le souci du Gouvernement, lors du premier plan circuits intégrés (1978-1982), de réunir les conditions d'une émulation

et d'un partage des tâches avec Thomson. Matra s'engage alors dans une politique ambitieuse.

Une filiale commune, Matra Harris Semi-conducteurs est créée avec HARRIS. Matra détient 51 % du capital de la filiale et obtient de véritables transferts de technologie de son partenaire américain dans le domaine des techniques CMOS. La collaboration avec HARRIS s'étend en 1980 aux circuits linéaires. En 1981, Matra-Harris Semi-conducteurs crée une filiale commune - CIMATEL - avec INTEL, destinée à mettre en place les technologies NMOS (circuits intégrés pour l'automobile, les télécommunications, l'informatique). En 1981, la position de Matra-Harris est bonne dans les technologies les plus en pointe. Les premières mémoires CMOS produites en France sortent de l'usine de Nantes. L'aide de l'Etat dans le cadre du premier plan composants s'élève à 160 millions de F.

Le deuxième plan composants (1983-1988) confirme la place de Matra-Harris dans l'industrie française des semi-conducteurs. L'Etat prend le contrôle de la maison-mère. Matra-Harris Semi-conducteurs (MHS) ne bénéficie pas pour autant d'un soutien financier particulier. Les bénéfices tirés de l'activité militaire du groupe doivent suffire au financement de la Recherche & Développement de Matra-Harris Semi-conducteurs. L'entreprise doit faire face en 1984 à la récession du marché mondial des semi-conducteurs. Il lui faut alors réviser sa stratégie "produits", développer de nouveaux produits et de nouveaux procédés de fabrication. Grâce à la détermination de Matra et à l'attitude positive des pouvoirs publics, Matra-Harris parvient à redresser partiellement sa situation. En 1985, Harris diminue à 20 % sa participation dans MHS afin de réduire ses pertes.

L'appartenance de MHS au groupe Matra

Lors de l'Assemblée générale de 1988 des actionnaires de Matra, M. Jean-Luc LAGARDERE, P-DG de l'entreprise, déclare : "l'année prochaine, toutes les activités seront rentables". A propos des circuits intégrés, il indique, dans un entretien accordé à l'Expansion en date du 2-15 mars 1989: "c'est un domaine de souveraineté, puisque le contrôle des modes d'études, de design et de fabrication d'un composant est vital dans un système de défense. La pièce maîtresse d'un radar ou d'un missile se réduit à un, deux ou trois composants. Or, dans certaines technologies, nous sommes seuls en France à savoir les fabriquer. Mais personne ne nous en sait gré; on peut les acheter

aujourd'hui encore au Japon ou aux Etats-Unis. Nous cherchons une solution acceptable pour Matra, qui n'a pas vocation à faire des sacrifices pour d'autres. Espérons que la France ne s'en mordra pas les doigts."

Le problème de l'appartenance de Matra Harris Semi-conducteurs au groupe Matra est clairement posé.

Au printemps 89, Harris se retire totalement de MHS. Matra confirme qu'il recherche un nouveau partenaire, majoritaire ou minoritaire.

La situation financière de MHS

Malgré de réels succès technologiques et commerciaux, Matra MHS présente des résultats financiers qui la fragilisent. Sa taille est insuffisante pour assumer les investissements nécessaires à l'horizon 92, pour les nouvelles générations de mémoires.

En 1988, le CA de Matra MHS croît de 40 % pour atteindre 365 millions de F et devait continuer de croître fortement en 1989. Mais les pertes ont atteint 140 millions en 1987 et sont du même ordre en 1988. La part des exportations dans le CA devait atteindre 65 % en 1989.

Le développement du portefeuille de technologies de MHS

Matra MHS a développé, en collaboration avec le CNET - Centre Norbert Segard de Grenoble - un partenariat technologique qui lui permet de maîtriser les technologies CMOS et Bi CMOS dites 1 micron.

Matra MHS dispose aussi d'un savoir faire dans les circuits spécifiques (ASIC), les mémoires SRAM et les micro-contrôleurs, grâce à des accords passés avec le CNET, Cypress et Intel.

Mais la course à la miniaturisation ne se ralentit pas. De nouvelles limites sont repoussées. La norme en production industrielle sera dès 1992, de 0,5 micron. Des investissements de production seront nécessaires. Or l'on estime que la mise en place d'une chaîne de production revient à 500-600 millions de F.

MHS supporte un budget de recherche & développement très lourd, 150 millions de F, sans rapport avec son chiffre d'affaires, qui devrait atteindre 550 millions en 1989. Sa décision de s'affranchir des technologies d'Harris en 1985, alors même que le marché s'effondrait lui a coûté très cher. MHS bénéficie du soutien du ministère de l'Industrie, qui lui accorde chaque année 60 à 80 millions de F sous forme de prêts.

L'alliance avec Telefunken

Après les déclarations de la direction de Matra, début 1989, annonçant la recherche d'un partenaire, SGS-Thomson ne se met pas sur les rangs des éventuels repreneurs ou partenaires. SGS-Thomson estime que le nombre de ses sites de production est trop élevé.

La stratégie de Matra est la recherche d'alliances européennes, débouchant sur des participations croisées. Daimler Benz possède 5 % du capital de Matra. Il est envisagé la filialisation des activités défense et espace de Matra. A cette occasion, Daimler-Benz et GEC pourraient prendre une participation dans cette filiale. Dans le cadre des rapprochements entre Matra et Daimler, la possibilité d'une collaboration entre les branches semi-conducteurs des deux groupes est envisagée.

Le 21 septembre 89, l'entrée de Telefunken Electronic Gmbh à hauteur de 50 % du capital de Matra MHS est annoncée, pour un montant d'environ 150 millions de F. Telefunken Electronic Gmbh (TEG) est la filiale composants d'AEG, qui elle-même appartient au groupe Daimler-Benz.

L'accord est fondé sur des complémentarités technologiques et commerciales. Matra MHS occupe une des premières places en Europe pour les technologies CMOS; Telefunken est présent dans les bipolaires et les composants discrets. Produisant surtout pour la défense (30 % du CA) et les télécommunications, Matra MHS voit s'ouvrir les débouchés de l'électronique automobile du groupe Daimler-Benz.

Avec son chiffre d'affaires de 301 millions de \$ en 1988, Telefunken apporte les ressources financières nécessaires à Matra MHS pour financer le saut technologique des mémoires du futur.

L'équilibre de la répartition du pouvoir entre Matra et Telefunken devrait permettre de développer l'outil industriel et les compétences humaines de Matra MHS.

4. Une initiative française: ES2

ES2 produit des ASIC, circuits à la demande (Application Specific Integrated Circuits), sous la forme de prototypes ou de petites séries. ES2 est créée en 1986 par un ensemble d'entreprises utilisatrices de circuits intégrés: Philips, Olivetti, Bull, British Aerospace auxquelles se sont ajoutés des venture capitalists et des contributions publiques. ES2 est créée en même temps qu'est lancé le programme Eurêka et bénéficie de crédits dans le cadre de ce programme.

ES2 occupe un créneau différent de celui des grands fabricants de semi-conducteurs. ES2 est, en effet, l'une des seules sociétés au monde à pouvoir livrer des circuits spécifiques en 4 semaines. ES2 est leader dans la technologie de la gravure directe des circuits intégrés par faisceau d'électrons.

Son chiffre d'affaires connaît une croissance très rapide et atteint 13 millions de \$. Mais l'entreprise est encore en perte. ES2 dispose d'une unité de production au Rousset, près d'Aix-en-Provence. ES2 a récemment créé une filiale aux Etats-Unis, US2 avec l'aide de trois sociétés de capital risque qui détiendront 40 % de la société américaine.

5. Les filiales d'entreprises étrangères

5.1. IBM France

L'implantation d'IBM en France remonte à 1914. L'évolution de ses activités reflète les progrès de l'industrie du traitement de l'information. Entre les deux guerres, IBM France assure à la fois la commercialisation de machines à cartes perforées importées des Etats-Unis et le montage voire la fabrication de ces équipements pour le marché français et d'autres marchés. Cette double activité est conservée avec l'introduction des techniques informatiques. IBM dispose en France d'unités de production et de laboratoires, pour les semi-conducteurs, l'informatique et les télécommunications.

En 1989, IBM France occupe une place importante dans l'économie et dans l'industrie des semi-conducteurs françaises. Sa place est également très forte dans le dispositif transnational d'IBM.

Le chiffre d'affaires réalisé par IBM France s'établit à 38,2 milliards de F en 1988. La part exportée de ce chiffre d'affaires est de 47,3 %. IBM France employait 21 832 personnes à temps plein et 1 263 personnes à temps partiel, au 31.12.1988.

L'activité semi-conducteurs d'IBM France, localisée à Corbeil, comprend un laboratoire et une unité de fabrication.

Le laboratoire de développement des composants exerce une responsabilité dite mondiale dans la conception, la mise au point et le lancement en fabrication de circuits intégrés destinés à l'ensemble des usines IBM, principalement européennes. Les technologies utilisées sont essentiellement les technologies CMOS appliquées aux circuits logiques, mémoires, microprocesseurs et aux circuits spécifiques. Ce laboratoire emploie 130 personnes et bénéficie de la proximité avec les lignes de fabrication.

L'usine de Corbeil-Essonnes comprend des salles blanches aux standards de production les plus exigeants (pureté de l'air, limitations des variations de température et des vibrations).

IBM France ne fournit pas de répartition de son chiffre d'affaires entre ses différentes activités. Par recoupement, il est néanmoins possible d'évaluer -très approximativement- la part des semi-conducteurs, soit environ 0,9 milliard de \$ en 88 ou 6 milliards de F, c'est-à-dire 16 % du chiffre d'affaires.

5.2. Motorola

Motorola crée en 1967 son centre de Toulouse, appartenant à la société Motorola Semiconducteurs S.A.. En 1987, un autre centre est créé à Bordeaux sous une entité légale distincte (Motorola Semiconducteurs Bordeaux S.A.).

Le 4ème producteur mondial dispose ainsi de deux unités de production en France. La principale est située à Toulouse: son chiffre d'affaires 1988 est de 2,4 milliards de F; ses effectifs sont de 1900 personnes. La deuxième unité située à Bordeaux est de taille plus

réduite en 1988: chiffre d'affaires de 130 millions de F; effectifs de 150 personnes.

Motorola fabrique dans ses unités françaises différents types de composants électroniques: composants discrets et optoélectronique; circuits intégrés analogiques; produits à haute fiabilité; produits radio-fréquences.

Les technologies utilisées sont diverses: technologies de fabrication propres aux circuits intégrés bipolaires, aux transistors de puissance, aux composants discrets pour radio-fréquences. L'entreprise produit également des circuits hybrides sur couche mince pour radio-télécommunications et transmission par câble.

La production française est exportée à 70 %, principalement vers la Communauté européenne, mais aussi vers les Etats-Unis, le Japon et l'Asie du Sud-Est.

5.3. RTC Compelec

Les filiales de Philips en France sont les suivantes - entre parenthèses figure le pourcentage de la participation de Philips, directe ou indirecte:

- . Compagnie Française Philips (100 %):
 - S.A. Philips Industrielle et Commerciale (100 %)
 - RTC-Compelec (100 % dont 53 % directement et 47 % par l'intermédiaire de la Radiotechnique)
 - Compagnie Philips Eclairage (97 %)
 - La Radiotechnique (53 %) dont La Radiotechnique Portenseigne
- . Philips Systèmes Médicaux (100 %)
- . Polygram S.A.

RTC-Compelec est, parmi les filiales françaises de Philips, celle qui prend notamment en charge l'activité composants.

Le chiffre d'affaires réalisé par RTC-Compelec en 1988 s'élève à 4,6 milliards de F. L'entreprise emploie 4600 personnes et exporte 47 % de son chiffre d'affaires. Les établissements de RTC-Compelec sont situés à Caen, Dreux, Evreux, Brive. RTC-Compelec est également

actionnaire à 50 % du LEP, laboratoire de recherche de Limeil-Brevannes.

Les circuits intégrés et les semi-conducteurs discrets représentent 43 % du chiffre d'affaires total, soit 1,981 milliard de F. RTC-Compelec produit des circuits intégrés et des composants discrets. Le LEP a notamment mis au point des circuits intégrés ultra-rapides arséniure de gallium utilisés dans les super-calculateurs Cray.

5.4. Texas Instruments

Texas Instruments France (TI France) commence son activité en 1961 avec la création à Nice d'un atelier d'assemblage et de test de semi-conducteurs discrets.

Les activités de Texas Instruments France, rassemblées à Villeneuve-Loubet (Alpes-Maritimes), sont aujourd'hui les suivantes: la conception pour l'Europe de microprocesseurs et de microcontrôleurs pour l'automobile et les télécommunications, la conception de circuits intégrés pour l'analyse et la synthèse vocales, la fabrication de circuits intégrés pour les applications spatiales et certains systèmes d'armes. Les étapes de fabrication proprement dites comprennent essentiellement l'assemblage et le test de circuits intégrés.

Le centre de TI France abrite la Direction générale de Texas Instruments Europe. Un établissement situé à Velizy assure la commercialisation en France des produits TI. Ceux-ci comptent, en plus des semi-conducteurs, des équipements d'informatique, des systèmes d'automatique industrielle et des produits électroniques de grande diffusion.

Le chiffre d'affaires réalisé par Texas Instruments France s'est élevé à 1,8 milliard de F en 1988. L'entreprise ne donne pas d'information sur la part des semi-conducteurs. Elle est en tout état de cause supérieure à 50 %. L'entreprise commercialise l'ensemble des produits Texas Instruments: circuits analogiques linéaires, circuits bipolaires logiques, circuits mémoires, microprocesseurs, circuits spécifiques (ASIC). Elle réexporte près de la moitié de sa production de circuits intégrés.

VII.- RESTRUCTURATIONS, ALLIANCES ET NOUVEAUX COMPÉTITEURS : L'INTENSIFICATION DE LA CONCURRENCE

L'industrie mondiale des semi-conducteurs connaît à l'heure actuelle une guerre de mouvement intense.

La position dominante du Japon a commencé à susciter des réactions fondées sur le caractère stratégique des semi-conducteurs. Une dépendance vis-à-vis de fournisseurs étrangers - en particulier japonais - ne peut être admise dans des domaines de souveraineté comme les matériels militaires et les équipements nécessaires à leur fabrication.

Le deuxième motif de contre-attaque est l'utilisation de plus en plus importante de semi-conducteurs dans les biens d'équipement des entreprises et des ménages. Indépendance et sécurité de l'approvisionnement en biens intermédiaires, protection des secrets de fabrication et des avantages concurrentiels ainsi que la sauvegarde des marges motivent l'action de défense des grands groupes par rapport à la concurrence japonaise.

La troisième raison à la réaction des entreprises non japonaises est la confirmation de l'importance économique du marché des semi-conducteurs, en termes de volume et de taux de croissance.

La reconquête n'est toutefois pas à la portée de toutes les entreprises. Au contraire, l'importance des dépenses de recherche et développement et la lourdeur des investissements de production obligent les entreprises du secteur à des recentrages, des regroupements ou des alliances, afin de rester dans la course.

L'examen des stratégies des grands groupes de l'industrie des semi-conducteurs et de l'industrie électronique plus généralement est nécessaire pour évaluer les programmes publics d'aide au secteur.

1. La nouvelle priorité "semi-conducteurs" des grands groupes intégrés européens: Philips et Siemens

Deux producteurs européens de semi-conducteurs ont une importance particulière: Philips et Siemens. Leur activité semi-conducteurs est adossée à plusieurs autres activités bénéficiaires, dans lesquelles ils sont leaders. Leur capacité d'investissement et leur trésorerie sont importantes. D'où un potentiel considérable dans le domaine de semi-conducteurs. Le fait nouveau et fondamental pour l'avenir de l'industrie mondiale est que l'activité "semi-conducteurs" est, plus que jamais, jugée prioritaire par Philips et Siemens.

1.1. Le recentrage de Philips

Le chiffre d'affaires réalisé en 1988 par Philips dans le domaine des semi-conducteurs est de 1,8 milliard de \$. Philips est le 10ème producteur mondial de semi-conducteurs et le premier européen. Le rang de Philips était 10ème en 1987.

L'activité semi-conducteurs discrets et intégrés de Philips représente une faible part de son chiffre d'affaires global: 10 milliards de F environ pour un chiffre d'affaires de 170 milliards de F, soit environ 6 %.

Elle constitue néanmoins l'un des axes stratégiques retenus pour l'avenir, après la décision prise en 1988 de rationaliser les structures du groupe.

Lampes, électronique grand public, composants et technologies de l'information: 4 axes stratégiques

Devant la chute de ses bénéfices et l'affaiblissement de ses positions commerciales dans un certain nombre de secteurs d'avenir, Philips s'est lancé en 1988 dans un programme de restructuration. L'objectif est, en limitant les domaines d'intervention, de disposer de la taille critique pour investir et soutenir la concurrence.

Les quatre axes stratégiques sont les suivants:

. les lampes: Philips est le leader mondial de ce domaine; cette activité représente 12 % du CA mais produit le tiers du résultat

global d'exploitation du groupe ; selon la terminologie du BCG, les lampes sont une "cash cow": rentabilité élevée, investissements en recherche et développement et en production relativement limités;

. l'électronique grand public: Philips a le deuxième rang mondial; le groupe a affirmé son leadership technologique avec le compact-disc dont il possède les brevets; l'électronique grand public représente les trois quarts du chiffre d'affaires du groupe; les défis de l'avenir pour cette activité sont les suivants: la cassette numérique DAT; le vidéodisque; la télévision haute définition : ce secteur exigera des investissements très lourds;

. les composants électroniques: ce domaine représente 14 % du chiffre d'affaires, avec une part prépondérante pour les semi-conducteurs; ce secteur est important depuis de longues années; au cours des 5 dernières années, le quart des investissements de Philips, soit environ 15 milliards de F, ont porté sur les composants; malgré cette mobilisation de l'entreprise autour de cette activité, une étude réalisée par un cabinet de conseil, montre que les coûts de fabrication des semi-conducteurs produits par Philips sont supérieurs à ceux des leaders du marché; une rationalisation de l'appareil de production est en cours; l'effort d'investissement dans les composants de la nouvelle génération sera très important, notamment dans les mémoires;

. les technologies de l'information: télécommunications et informatique; la position de départ de Philips dans ce domaine est la moins assurée.

Une puissance retrouvée dans les semi-conducteurs ?

Suite à la rationalisation de ses objectifs stratégiques, Philips est en pleine phase de remodelage de ses activités.

L'entreprise supprime des centres d'activité pour rationaliser sa production et restaurer ses marges. 10 000 emplois devraient être supprimés dans le seul domaine de l'électronique grand public.

Philips cède également des filiales dans les secteurs non prioritaires afin de mobiliser les ressources financières nécessaires au développement de ses activités stratégiques.

Philips a ainsi choisi de se défaire de ses filiales de défense: Magnavox Government and Industrial Electronics Company, aux Etats-Unis, HSA aux Pays-Bas, et sa filiale de défense en Suède. En France, les activités militaires de TRT doivent être reprises par Thomson CSF.

La trésorerie correspondant à ces opérations fait de Philips l'un des intervenants majeurs des restructurations à prévoir dans les semi-conducteurs. Sa détermination est prouvée par l'accord de coopération technique avec Siemens "Megaprojet" pour le développement des mémoires de 1 mégabit. L'entreprise d'Eindhoven est aussi l'un des membres fondateurs de JESSI.

1.2. La nouvelle détermination de SIEMENS pour les semi-conducteurs

Siemens figure en 1988 à la 20ème place du classement mondial des entreprises produisant des semi-conducteurs, avec un chiffre d'affaires de 800 millions de \$. La croissance de son chiffre d'affaires en 1988 est en effet relativement lente: + 19,3 %, ce qui lui fait perdre en une année 4 places au classement.

Le jugement de nombreux professionnels est, en 1988, que les domaines d'excellence de Siemens sont et demeureront la construction électrique - Siemens est numéro deux mondial derrière Asea Brown Boveri - et les télécommunications - Siemens est numéro trois après ATT et Alcatel-. "Siemens est un électromécanicien; on ne s'improvise pas électronicien".

La stratégie récemment mise en oeuvre par l'entreprise fait de Siemens un intervenant d'une importance majeure dans l'industrie des semi-conducteurs.

La réorganisation de Siemens

Le chiffre d'affaires de Siemens s'est élevé à 204 milliards de F sur l'exercice octobre 87 à octobre 88. Siemens est la première entreprise européenne du secteur devant Philips. Siemens est la

troisième entreprise ouest-allemande, derrière Daimler et Allianz. Début 1989, les liquidités de Siemens s'élèvent à hauteur de 70 milliards de F.

L'entreprise accélère sa croissance, tirant partie de l'embellie économique. Sur le premier semestre 1989, son chiffre d'affaires augmente de 11 % dont 16 % sur les marchés étrangers, par rapport à la même période de 1988. Son bénéfice net s'accroît de 12 %, ses investissements de 22 %.

Une réorganisation accroît l'autonomie des différentes divisions, tout en en supprimant certaines. Le nouvel organigramme appliqué fin 1989 montre l'étendue des activités de Siemens:

- 15 divisions:

- .production d'énergie; transport et distribution d'énergie
- .industrie; entraînements, appareils, installations; automatisations
- .systèmes de sécurité
- .transports; activités automobiles
- .informatique; périphériques et terminaux
- .médical
- .réseaux publics de télécommunications; systèmes privés de télécommunications
- .semi-conducteurs; composants passifs et tubes

- 2 divisions ayant une personnalité morale

OSRAM; HELL

- 2 secteurs d'activité autonome

- .composants électromécaniques
- .systèmes audio et vidéo.

Grâce à ses disponibilités financières, Siemens applique en 89 une politique d'alliances et d'acquisition d'entreprises dans les secteurs considérés comme essentiels pour l'avenir:

- télécommunications: rachat de ROLM à IBM (téléphonie privée); OPA sur Plessey, lancée avec GEC (Grande-Bretagne);

- informatique: acquisition d'IN2, filiale informatique d'Intertechnique (France); accord de fourniture à l'Union Soviétique de 300 000 micro-ordinateurs;

- semi-conducteurs: accord de coopération avec Intel; entrée au capital d'ES2; création d'une filiale commune à 50/50 avec Matsushita pour les composants passifs; intérêt manifesté pour la filiale cellules photovoltaïques d'Atlantic Richfield.

L'offensive de Siemens dans les semi-conducteurs: investissements massifs et coopération technologique tous azimuts

Le développement de l'activité semi-conducteurs est considéré par la direction de Siemens comme une priorité stratégique.

Les annonces faites en 1989 ne sont que la partie émergée d'un effort de longue haleine, destiné notamment à donner à Siemens une place de leader sur le marché des DRAM.

Les investissements de Siemens pour les mémoires ont atteint 800 millions de DM pour les mémoires DRAM 1 mégabit. Sa production de 1989 devait être dix fois supérieure à celle de l'année précédente.

Dans le domaine des DRAM 4 mégabits, Siemens a investi 1,4 milliard de DM. Siemens doit être le premier européen à produire ces mémoires dès octobre 1989.

L'activité de Siemens dans les semi-conducteurs est encore fortement déficitaire: les pertes s'élèveraient à plusieurs centaines de millions de DM. L'important pour Siemens est la croissance de son chiffre d'affaires. Sur les cinq premiers mois de 1989, celui-ci a augmenté de 60 %.

Siemens juge par ailleurs urgente sa mise à niveau dans les semi-conducteurs. Les technologies sont, en conséquence, acquises auprès des entreprises qui les maîtrisent, quelle que soit leur nationalité.

Siemens s'est associé à Philips dans le cadre du Megaprojet et a acquis auprès de Toshiba, pour un montant non rendu public, des licences pour la fabrication des DRAM 1 mégabit.

Siemens est l'un des membres fondateurs de JESSI.

Son intérêt pour Plessey ne se justifie pas seulement par la position de cette entreprise britannique dans les télécommunications (50 % de GPT) : Plessey a réalisé un chiffre d'affaires de 284 millions de \$ en 1988 dans les semi-conducteurs. Plessey Semiconductors est spécialisée dans les ASIC. Elle occupe la première place des producteurs britanniques de semi-conducteurs, après avoir racheté la division correspondante de Ferranti. Plessey est 1er européen des producteurs d'ASIC et 14ème européen tous circuits confondus.

2. Autres mouvements stratégiques dans le secteur

L'industrie des semi-conducteurs, de par son taux de croissance, le caractère cyclique de son activité et la lourdeur des investissements, est depuis l'origine soumise à des restructurations permanentes et à des jeux d'alliances. De nouveaux entrants pourraient faire leur apparition dans le secteur par le jeu d'acquisitions.

2.1. Regroupements

Parmi les regroupements réalisés dans le passé, on peut citer:

- . acquisition de Mostek par Thomson en 1985; fusion Thomson-SGS en 1987; achat d'INMOS par Thomson en 1988;
- . rachat de Fairchild par National Semiconductor après le veto mis par le Gouvernement américain à la prise de contrôle par un constructeur japonais
- . acquisition fin 1988 de MMI par AMD (13ème mondial en 1988).

Il est à prévoir que les mouvements de restructuration vont continuer et probablement s'accélérer dans un proche avenir.

L'absorption de Fairchild pèse sur les comptes de National Semiconductor (NSC). L'entreprise a perdu de 1987 à 1988 3 places au classement mondial, son taux de croissance 88 ne s'étant élevé qu'à 12,9 %.

Afin d'essayer de trouver un remède à ses difficultés, National Semi-Conductor a vendu début mars 89 sa filiale National Advanced Systems, numéro deux mondial des grands systèmes informatiques

compatibles IBM. Electronic Data Systems (1ère SSII mondiale filiale de General Motors) et Hitachi ont pris le contrôle de NAS à hauteur, respectivement de 20 et 80 %.

Malgré cette opération, National Semiconductor connaît de grandes difficultés: perte de 93 millions de \$ sur l'exercice fiscal 88-89, contre un bénéfice de 23 millions de \$ lors du précédent. La question de l'indépendance de NSC est posée. National Semiconductor pourrait être rapidement absorbée par Texas Instruments.

2.2. Entreprises à vendre et nouveaux entrants

Les difficultés des constructeurs informatiques et les nécessités du recentrage pour la plupart des secteurs peuvent aussi entraîner la vente de divisions "semi-conducteurs" de grandes entreprises.

Il est ainsi de notoriété publique en 1989 que la division semi-conducteurs d'Honeywell (GE - Solid State) cherche preneur pour 120 millions de \$ de CA.

D'autres reclassements sont également possibles. Ils pourraient favoriser l'essor de nouveaux entrants dans l'industrie des semi-conducteurs.

L'acquisition par Telefunken, filiale de Daimler Benz, de 50 % de Matra MHS est la manifestation de l'intérêt du puissant groupe ouest-allemand pour le secteur. Cet intérêt avait déjà été affirmé en 1988 par la prise de participation de 39 % et à terme de 43 % dans la société américaine Siliconix, fabricant de semi-conducteurs et de circuits intégrés.

Les leaders mondiaux sont des groupes japonais puissants, intégrés, capables de supporter des investissements très lourds et des déficits d'exploitation répétés.

2.3. Avantage aux grands groupes

L'avenir des fabricants spécialisés est peut-être compté. Les deux grands fabricants américains accélèrent leur diversification.

Motorola (4ème mondial dans les semi-conducteurs) s'appuie sur son secteur téléphones mobiles et cherche à passer des accords de

fourniture de circuits spécifiques avec des industries d'aval, par exemple avec Fiat.

Intel (7ème mondial) tente d'augmenter sa diversification dans la micro-informatique. Intel a ainsi signé en juillet 1989 un accord de coopération avec AT&T: livraison des micro-ordinateurs au géant des télécommunications américain; développement de micros compatibles avec l'offre d'AT&T en matière de réseaux (système d'exploitation UNIX). Intel renforce ainsi sa diversification vers la micro-informatique: un quart de son CA en 88 provenait de la vente de micro-ordinateurs; l'accord avec AT&T lui apportera des revenus supplémentaires de 100 à 200 millions de \$. Intel fait de l'Europe un marché prioritaire. A cette fin, un programme d'investissement de 2,7 milliards de F est engagé en Irlande, pour la fabrication de micro-ordinateurs.

Faute de diversification, les producteurs de semi-conducteurs indépendants pourraient être contraints de trouver des partenaires, ce qui donnerait lieu à des opportunités d'achat, notamment aux Etats-Unis.

L'intégration à un grand groupe diversifié est un atout majeur pour l'avenir. C'est la situation de la quasi-totalité des producteurs japonais de semi-conducteurs.

Le tableau page suivante met en parallèle le classement de l'entreprise dans l'industrie des semi-conducteurs, selon Dataquest et son classement dans les 100 premières entreprises mondiales, selon l'Expansion:

L'INTÉGRATION DES PRODUCTEURS JAPONAIS DE SEMI-CONDUCTEURS

	classement de l'entreprise		
	dans l'industrie mondiale des semi-conducteurs	dans les 100 premières entreprises mondiales tous secteurs confondus	
	1988	1987	1988
NEC	1	47	39
Toshiba	2	35	27
Hitachi	3	16	12
Motorola	4	-	-
Texas Instruments	5	-	-
Fujitsu	6	70	62
Intel	7	-	-
Mitsubishi	8	71	51
Matsuhita	9	19	16
Philips	10	22	22
National Semi-Conductor	11	-	-
SGS-Thomson	12	84	72 (Thomson)
AMD	13	-	-
Sanyo	14	-	-
Sharp	15	-	-
Oki	16	-	-
Sony	17	-	-
Samsung	18	32	24
AT&T	19	13	-
Siemens	20	18	14

A ces classements globaux, doivent être rajoutés les classements sectoriels 1988 de l'Expansion, avec l'évolution 87-88:

classement de l'entreprise dans les dix premières mondiales	construction électrique	
	1987	1988
Siemens	4	2
Matsushita	5	3
Philips	6	4
Toshiba	8	5
NEC	9	7
Mitsubishi	10	9
Thomson	-	10

classement de l'entreprise dans les vingt premières mondiales	informatique	
	1987	1988
Fujitsu	4	3
NEC	5	4
Hitachi	6	6
Siemens	7	8
Toshiba	11	13
Matsushita	17	14
Philips	18	19

Enfin, il est à noter que le Japon assurait en 1988 environ 40 % de la production mondiale de l'électronique grand public avec les groupes suivants, par ordre d'importance décroissante : Hitachi, Matsushita, Toshiba, Sony, Sanyo, Canon et Sharp.

On connaît les limites des classements cités ci-dessus: hétérogénéité éventuelle des périmètres de consolidation, influence des cours des devises. Par ailleurs, toute corrélation n'est pas bonne à prendre. L'appartenance à un grand groupe n'est évidemment pas la garantie du succès dans l'industrie des semi-conducteurs.

Elle est toutefois à l'évidence un atout lorsque cette activité est retenue comme un axe stratégique.

2.4. Le prix de l'avenir

Dans le contexte de guerre de mouvement de l'industrie des semi-conducteurs, les atouts suivants apparaissent déterminants:

- la liberté et la rapidité de réaction pour saisir les opportunités de coopération ou de croissance externe
- une stratégie d'engagement à long terme, assise sur une recherche et un développement puissants
- la puissance financière, et notamment celle donnée par l'appartenance à un grand groupe intégré qui permet d'absorber les à-coups de la demande et de bénéficier de débouchés dans le groupe lui-même.

VIII.- LES POLITIQUES JAPONAISES ET AMERICAINES DANS LE DOMAINE DES SEMI-CONDUCTEURS

Les succès du Japon dans l'industrie des semi-conducteurs sont récents.

En 1975, la part de marché du Japon pour l'ensemble des composants électroniques n'était que de 16 %, contre 42 % pour les Etats-Unis et 33 % pour l'Europe.

En 1985, le Japon passe à 31 % du marché; cette percée se fait au détriment de l'Europe dont la part de marché est réduite à 16 %, et celle des Etats-Unis à 40 %.

Au cours de la phase 1985-1989, les fortes positions américaines cèdent à leur tour, le Japon produisant 50 % du total mondial.

Les performances des entreprises japonaises et leur intégration, donc leur puissance, ne suffisent pas à expliquer cette percée. Celle-ci est d'autant plus significative que le marché globalement croît très vite. Tout se passe comme si les entreprises japonaises créaient de nouveaux segments de marché à leur profit.

Le Japon, on l'a dit et répété, est passé maître dans la programmation d'un effort de recherche et développement à long terme, basé sur une analyse marketing poussée, et effectué dans la perspective d'une évolution détectée et provoquée des marchés.

L'industrie des semi-conducteurs fournit l'exemple type des performances japonaises dans le développement interactif de la recherche et du marketing. Cette stratégie a pour conséquence essentielle qu'elle fait perdre l'initiative aux concurrents.

La mise en parallèle des politiques japonaises et américaines dans le secteur des semi-conducteurs illustre le précepte simple et efficace que l'avantage est à l'attaquant.

1. La politique japonaise: une approche coordonnée et à long terme des marchés.

L'économie japonaise, on ne le répétera jamais assez, est capable d'arrêter, en fonction de l'évolution prévisible de la demande, une stratégie à long terme de développement. Elle peut aussi mobiliser l'ensemble des forces publiques et privées dans la mise en oeuvre de cette stratégie et s'y tenir le temps prévu, quelles que soient les difficultés rencontrées.

L'industrie des semi-conducteurs est l'exemple parfait de ces aptitudes particulièrement efficaces dans la compétition économique mondiale.

Un point est capital: celui de la liaison recherche - marketing.

1.1. Le couple recherche - marketing

La contribution du marketing à la définition des axes stratégiques de développement est majeure au Japon. Les secteurs à demande croissante et à fort contenu technologique sont privilégiés. L'ensemble de la filière technologique est alors couvert dans une démarche coordonnée entre partenaires publics et privés.

L'industrie électronique japonaise se caractérise par son aptitude à relier la recherche fondamentale, le développement et les marchés.

Les premières technologies relatives aux semi-conducteurs sont développées pour répondre aux besoins de l'électronique grand public. Les premiers résultats obtenus - des composants simples - sont immédiatement capitalisés non seulement dans les produits prévus mais aussi dans des biens de consommation comme les jouets, montres, appareils photographiques, caleuses etc.

Les producteurs de semi-conducteurs se déplacent alors rapidement sur la courbe d'apprentissage ou d'expérience (learning curve - Boston Consulting Group) selon laquelle les coûts unitaires baissent lorsque les volumes de production augmentent. La production en série permet l'abaissement des coûts.

D'autres avantages sont fournis par l'accroissement des volumes. Il suscite aussi le perfectionnement des techniques. Les recettes qu'il procure augmentent à leur tour les possibilités d'investissement. L'abaissement des coûts fournit enfin des idées de développement complémentaires.

Les entreprises japonaises ont construit leur marketing stratégique en privilégiant, parmi les quatre variables fondamentales du marketing -les 4 P (produit, prix, promotion, place)-, le produit et le prix.

En 1976, les entreprises japonaises s'immiscent sur le marché américain en proposant des DRAM 4 kilobits Les 16 kilobits sont ensuite fournies lorsque les producteurs américains ne peuvent satisfaire la demande. Les entreprises américaines cherchent à faire démarrer la production de 64 kilobits. Les Japonais restent sur le créneau relativement simple des 16 kilobits.

Cette stratégie de conquête de parts de marché dans des créneaux considérés comme "inférieurs" en terme d'évolution technologique se double d'un effort sur la qualité.

Toshiba dépense 50 % de plus que ses concurrents américains sur la qualité : amélioration des processus de fabrication, contrôle de qualité final. Un utilisateur éminent de circuits intégrés, Hewlett-Packard, signalait, à la fin des années 70, un niveau de produits défectueux 10 fois plus élevé pour les produits américains que pour les produits japonais.

Le deuxième axe du marketing stratégique japonais est l'action sur les prix. A partir de 1976, les entreprises japonaises inondent le marché américain lorsque la demande croît fortement et que les entreprises américaines ne peuvent y répondre. Avant l'accroissement de la demande, les prix des mémoires japonaises vendues sur le marché américain sont inférieurs de 30 % à leur prix sur le marché domestique. L'augmentation de la demande s'accompagne de baisses de prix significatives. En 1980, le prix des DRAM 16 kilobits passe de 20 \$ à 2 \$.

La saturation des créneaux bas de gamme à l'export ne menace pas pour autant la cohérence de la recherche à long terme. Les axes de celle-ci sont dessinés dans les plans à long terme.

Au contraire, la cohérence de la démarche à long terme permet aux entreprises japonaises de passer, selon les termes de P. KOTLER, d'une stratégie d'attaque latérale à une stratégie d'attaque frontale.

1.2. Les plans japonais pour les semi-conducteurs

L'entrée des entreprises japonaises dans l'industrie des semi-conducteurs date du 1er Plan Semi-Conducteurs 1969-1971.

Ce plan coïncide lui-même avec l'augmentation de l'effort de recherche des entreprises japonaises. En 1970, le Japon consacre 1,77 % de PNB à la recherche civile, contre 1,53 % en 1965. Son effort dépasse celui des États-Unis (1,50 %), de la France (1,47 %) et n'est inférieur qu'à celui de la RFA (1,96 %).

L'objectif du premier plan semi-conducteurs est la satisfaction des besoins des industries de l'électronique grand public.

Ce plan comprend un volet de politique industrielle essentiel: la protection du marché intérieur. L'implantation de filiales d'entreprises étrangères du secteur est autorisée à la condition qu'une "joint-venture" à 50/50 soit créée en association avec une entreprise japonaise. C'est ainsi le cas pour Texas Instruments qui s'associe avec Sony. De surcroît, la filiale commune ne peut dépasser un quota de 10 % du marché national des circuits intégrés. L'entreprise étrangère a aussi l'obligation de vendre ses licences à l'ensemble des firmes japonaises intéressées. Les pouvoirs publics contrôlent les achats de technologies étrangères et favorisent par des crédits l'adaptation de celles-ci aux réalités industrielles japonaises. Le dispositif est complété par des droits de douane et des normes prohibitives.

En 1975, sous l'autorité de Nippon Telegraph & Telephon, un nouveau plan circuits intégrés pour les télécommunications est lancé. Ses principaux acteurs sont NEC, Fujitsu et Hitachi. Le budget de ce plan s'établit à 40 milliards de yens.

En 1976, le projet VLSI (Very Large Scale Integration) est lancé pour la période 1976-1980, par le MITI. Le montant des aides allouées est de 30 milliards de yens. L'objectif est de développer des compétences nationales dans le domaine des circuits numériques et des mémoires. La recherche fondamentale est assurée par

l'Electronical Laboratory appartenant à la sphère MITI. Les technologies de développement de produits et de fabrication sont prises en charge par 12 laboratoires de développement dont ceux de NEC, Toshiba, Fujitsu, Mitsubishi.

L'évolution de la balance commerciale circuits intégrés Japon/USA de 1975 à 1984 montre la mise à niveau rapide de l'industrie japonaise (voir page suivante):

**Balance commerciale du Japon avec les Etats-Unis
pour les circuits intégrés**

(milliards de yens) - source: Commissariat Général du Plan

année	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
balance commerciale	-16,8	-32,7	-25,3	-23,3	-32,2	2,8	0,7	33,3	76,8	254

La première période 75-79 correspond à l'acquisition des technologies et à une pénétration accrue du marché par les entreprises étrangères. Le rattrapage est effectué en 4 ans où commence à se produire l'effet de boule de neige des investissements pratiqués.

Le Japon ne s'arrête pas à ces premiers succès. La crise économique issue du deuxième choc pétrolier touche peu les semi-conducteurs. Les excédents commerciaux avec les Etats-Unis s'accroissent rapidement.

Un nouvel effort d'investissement est programmé. Il se traduit par une montée des investissements des entreprises correspondant à de nouveaux programmes de développement technologique.

A partir de 1983, les investissements des firmes japonaises dans l'industrie des semi-conducteurs dépassent ceux des firmes américaines:

**Montant des investissements
des producteurs japonais de semi-conducteurs**

(millions de \$) - source: Commissariat Général du Plan

	76	77	78	79	80	81	82	83
entreprises américaines	312	388	639	1018	1373	1349	1212	1452
entreprises japonaises	111	137	194	433	662	828	1045	1592

Un programme de recherche 1979-1983 porte sur les logiciels de Conception et de Fabrication Assistées par Ordinateur (22 milliards de yens). Le programme JISEDAI 1981-1990 est relatif aux circuits intégrés "de la dernière génération". Mis en oeuvre par le MITI, il est relatif à des technologies représentant un saut qualitatif: utilisation de matériaux macromoléculaires en remplacement du silicium; circuits tridimensionnels; techniques de renforcement des circuits

contre les radiations, les hautes températures et autres conditions extrêmes de fonctionnement. Le programme JISEDAI est doublé à partir de 1982 du programme Exploratory Research for Advanced Technology de l'Agence des Sciences et Technologies Industrielles (30 milliards de yens).

Ces plans semi-conducteurs prennent place dans une stratégie d'ensemble de remontée de la filière électronique vers les produits à fort contenu technologique.

Le Plan Ordinateurs de la 5ème génération organise les efforts sur la période 1982 - 1992, avec un budget annuel de 100 millions de \$ dont 45 % de fonds publics.

La maîtrise des équipements de fabrication des semi-conducteurs est assurée. Dès 1984, le Japon couvre 41 % du marché mondial. En 1986, le Japon dépasse les Etats-Unis pour les équipements de lithographie optique. Les fabricants japonais sont en 1989 les premiers pour les micro-faisceaux d'électrons et d'ions indispensables pour les technologies submicroniques. Un nombre important d'entreprises américaines du secteur sont rachetées. Le Japon devient le premier constructeur mondial de machines-outils pour le silicium, avec Nikon, Tokyo Electronics et Advantest. Le Japon est également présent dans la chimie des semi-conducteurs: production de silicium et de résines photosensibles.

Le Japon développe une stratégie d'attaque frontale contre ses concurrents américains. Dans un premier temps, cette stratégie s'applique à un nombre limité de clients significatifs. Tout est mis en oeuvre pour obtenir leurs commandes: prix, qualité, service après-vente. Une fois la compétitivité de l'offre japonaise démontrée, l'attaque porte sur l'ensemble du marché. Les deux ou trois entreprises japonaises envoyées en précurseur sont rejointes par l'ensemble des groupes.

La supériorité du marketing stratégique japonais - incluant la recherche et le développement - figure au premier rang des causes de la domination japonaise, notamment dans les semi-conducteurs.

1.3. Une répartition des rôles efficace entre pouvoirs publics et entreprises privées

Les conditions sociologiques et les structures industrielles particulières de l'économie japonaise ont été abondamment décrites par de multiples auteurs. Elles ne sont pas transposables à d'autres sociétés. L'industrie des semi-conducteurs japonaise fournit toutefois l'exemple d'une répartition des rôles exemplaire.

Les pouvoirs publics jouent ainsi un rôle essentiel pour:

- la détermination des axes du développement industriel - en l'occurrence l'électronique -: informatique, télécommunications, semi-conducteurs, électronique grand public
- le financement de la recherche
- la cohérence de l'action à long terme: plans de recherche systématique à l'horizon d'une vingtaine d'année; répartition des rôles entre institutions publiques et entreprises privées; aides financières ciblées.

Les entreprises assument une part essentielle dans la conduite de la stratégie:

- collaboration entre les entreprises sur le plan de la recherche fondamentale et des technologies de développement
- concurrence - même réduite aux marchés extérieurs -; intégration de la production de semi-conducteurs à des groupes de taille mondiale
- investissements massifs dans la recherche et la production
- rentabilisation immédiate des résultats par application des technologies nouvelles dans des produits vendus sur le marché; prise en compte permanente des besoins du marché; détection de nouveaux créneaux d'application; création d'une demande nouvelle.

Le résultat de cette approche offensive et coordonnée est que l'industrie américaine et le Gouvernement des Etats-Unis ont perdu l'initiative.

2. La politique américaine: aides à la recherche, pressions protectionnistes et regroupement des forces

Face à la dégradation de la situation relative de l'industrie américaine des semi-conducteurs, les pouvoirs publics américains ont engagé une série de répliques différentes.

2.1. Aides à la recherche

Un programme d'aide à la recherche est lancé dès 1981 sous le nom de VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit). Son budget global est de 700 millions de \$ environ.

La première phase (1981 - 1984) porte sur la méthodologie des circuits à 1,25 micron : outils de conception et de fabrication. La deuxième phase de VHSIC (1984 - 1986) vise l'industrialisation des technologies 1,25 et la mise au point des technologies 0,5 .

Le Department of Defense lance par ailleurs un programme centré sur les circuits intégrés en arséniure de gallium. Ce programme se déroule sur la période 1984 - 1989 et dispose de 100 millions de \$ de crédits.

Les crédits mis en jeu par VHSIC dépassent le programme japonais correspondant VLSI. Ses résultats sont inférieurs. Les technologies de production de masse ne constituent pas son objectif principal. Les applications militaires - circuits intégrés spécifiques et en particulier circuits "durcis" - sont privilégiées. VHSIC ne contribue pas au rétablissement de la compétitivité des fabricants produisant pour le marché.

2.2. Les pressions protectionnistes

En 1986, sous la pression de l'association Semiconductor Industry Association, les Etats-Unis et le Japon signent un accord créant un système de contrôle des prix des circuits intégrés. Cet accord bilatéral établit un comité de prévision de l'offre et de la demande afin de contrôler l'évolution des marchés. Les Etats-Unis attendent de cet accord une ouverture du marché japonais pour leurs semi-conducteurs.

Cet accord, on l'a vu, a produit des effets pervers importants au cours de la crise rencontrée par l'industrie mondiale des semi-conducteurs. Le prix plancher pour les ventes aux Etats-Unis assure dans le période de récession du marché des profits importants aux entreprises japonaises, immédiatement réinvestis, ce qui contribue à accroître l'avance japonaise. Les capacités d'offre de l'industrie américaine ne se rétablissent pas.

Le marché japonais ne s'ouvre pas pour autant aux fabricants américains. Leur part de marché stagne à 10 % environ. Ils escomptaient son doublement.

Début 1989, des discussions sont menées par les deux parties pour la révision de cet accord, au demeurant contesté par les pays membres des Communautés européennes.

Deux modifications de l'accord interviennent en conséquence. Le système de contrôle des prix est modifié. Il interviendra après l'exportation et non pas avant comme actuellement. Le Japon s'engage à informer l'industrie américaine sur ses besoins prévisibles en circuits intégrés de différents types.

2.3. Les consortiums de recherche

En 1982, la SIA crée le consortium SRC (Semiconductor Research Corporation). SRC est financé par l'industrie des semi-conducteurs et passe des accords de recherche avec des laboratoires d'université.

Un premier consortium de recherche pour les technologies est lancé en 1984: MCC (Microelectronics and Computer Technology Corp.), après que le Congrès des Etats-Unis ait voté un assouplissement à la législation anti-trust. L'action de MCC est jugée positive: plus d'une centaine de technologies ont été transférées aux sociétés membres, selon l'organisme lui-même. Ses domaines d'action sont principalement le montage et le conditionnement des circuits intégrés.

Au début de 1987, un rapport du Defense Science Board met l'accent sur la persistance de la dépendance des Etats-Unis pour les semi-conducteurs. Il met en garde contre les conséquences

stratégiques du recul américain. La pression de la SIA (Semiconductor Industry Association) se fait par ailleurs plus intense.

Le Congressional Budget Office - l'Office du Budget du Congrès des Etats-Unis - donne un avis circonstancié mais finalement positif sur le projet présenté par les industriels américains de création de Sematech - consortium de recherches sur la production de circuits intégrés -. Le CBO s'inquiète de la collusion possible entre les membres du consortium, seuls bénéficiaires de l'aide de l'Etat et des résultats de Sematech. L'absence de diversification du programme de recherche est également critiquée, de même que son mode de fonctionnement.

Les entreprises spécialisées du secteur des semi-conducteurs critiquent le choix du développement des technologies SRAM et DRAM à haute densité, qu'elles présentent comme un combat d'arrière garde.

Sematech est toutefois lancé et devient opérationnel en 1988.

Le consortium bénéficie, en 1988 et en 1989, d'une aide du Gouvernement fédéral de 100 millions de \$ par an. Le même montant annuel devrait être obtenu pour les années suivantes. Sematech bénéficie également de prêts à taux avantageux, de locaux mis à sa disposition et de l'appui des universités locales, de la part du Texas où il est implanté.

Le consortium réunit les producteurs écoulant leur production de circuits intégrés sur le marché, comme National Semiconductors, Advanced Micro-Devices, Intel, Motorola. Il comprend également des producteurs "captifs" comme IBM et DEC, et des constructeurs d'équipements pour la fabrication. Sematech est fermé aux industriels étrangers.

La participation des entreprises privées au budget de Sematech est proportionnelle à leur chiffre d'affaires: 1 % des ventes pour les producteurs; 0,05 % du CA en systèmes électroniques et informatiques pour les producteurs "captifs". La somme des contributions à Sematech des entreprises devrait représenter 60 % du total.

Sematech dispose d'un budget prévisionnel global de 1,5 milliard de \$ pour la période 1988-1993. Il emploiera 800 personnes dans son centre de recherche d'Austin (Texas).

Les objectifs technologiques de Sematech sont les suivants:

- mise au point des techniques de fabrication des circuits intégrés à haute densité
- mise en place d'une chaîne de production de démonstration pour des mémoires SRAM et DRAM
- adaptation des technologies de fabrication SRAM et DRAM aux autres circuits intégrés.

Le calendrier de mise au point des nouvelles technologies est le suivant:

	1988	1990	1993
DRAM			
	4 mégabits	16 mégabits	64 mégabits
SRAM			
	1 mégabit	4 mégabits	16 mégabits

Ceci suppose que les technologies submicroniques soient maîtrisées: 0,5 en 1990 et 0,3 en 1993.

Le démarrage des recherches en technologies CMOS appliquées aux DRAM bénéficie de l'expérience d'IBM qui produit déjà des DRAM 4 mégabits. ATT transfère quant à lui ses technologies SRAM 64 k-bits.

Les premiers mois de fonctionnement de Sematech sont semble-t-il satisfaisants. La démarche américaine et celle des industriels européens dans la création de JESSI sont parallèles.

2.4. US Memories

Sematech a pour objet la mise à niveau des technologies de production de semi-conducteurs à haute densité. Ce consortium de recherche et de développement est complété par le projet de création mi-1989 d'un autre consortium, US Memories, dévolu celui-là à la production de masse de mémoires.

L'industrie américaine juge en effet qu'il n'est pas possible d'attendre la disponibilité des technologies développées par Sematech pour reprendre place sur le marché des mémoires dynamiques 4 mégabits.

Les Etats-Unis disposent d'un atout: la compétitivité et la volonté nouvelle de coopération d'IBM. La compagnie juge désastreuse la dépendance de l'industrie électronique américaine vis-à-vis du Japon. Elle possède une technologie pour les semi-conducteurs comparable sinon supérieure à celle des entreprises japonaises. IBM propose la création de US Memories.

Le consortium devrait bénéficier de l'apport par IBM de sa technologie DRAM 4 mégabits. Trois usines de production sont prévues. La première est prévue pour être opérationnelle en 1991, les autres avant 1993. Un milliard de dollars doit être investi. 30 % du montant investi est pris en charge par les fabricants de semi-conducteurs membres fondateurs: AMD, National Semiconductor, LSI Logic, Intel. Les utilisateurs DEC, IBM et Hewlett Packard assureraient le financement de 70 % des dépenses. Une participation de leur part de 10 % au budget de US Memories leur assurerait la disponibilité de 5 % du montant total de la production.

US Memories se heurte toutefois aux intérêts de Texas Instruments et de Motorola. Leur retour sur le marché des mémoires dynamiques de grande capacité est en effet en cours.

La réglementation anti-trust ralentira peut-être l'entrée en vigueur de US Memories. Le projet est toutefois symptomatique.

Le géant mondial de l'informatique, autosuffisant pour ses besoins en semi-conducteurs, se soucie pourtant de la compétitivité d'une industrie d'amont, dont il a toujours pris soin de se rendre indépendant.

Les utilisateurs acceptent de prendre en charge une part importante des coûts de remise à niveau de leurs fournisseurs.

La réglementation anti-trust ne fait plus en tout cas illusion pour aucun industriel américain.

Le projet de création de "US Memories" est symptomatique de la prise de conscience de la gravité de la situation de l'industrie des semi-conducteurs et de l'importance des enjeux.

IX.- LES POLITIQUES FRANÇAISES ET EUROPEENES POUR LES SEMI-CONDUCTEURS

La politique française récente pour l'industrie des semi-conducteurs comporte deux volets.

Les pouvoirs publics apportent une aide budgétaire aux différents intervenants - entreprises, organismes de recherche - et promeuvent l'utilisation des semi-conducteurs dans l'industrie.

Les pouvoirs publics intègrent leur action dans le cadre européen. L'importance des investissements à pratiquer dans l'industrie des semi-conducteurs rend indispensable, ne serait-ce qu'au plan économique, la coopération européenne.

1. La politique française

Dans le contexte de compétition industrielle mondiale, une politique industrielle offensive est de nouveau, depuis 1988, reconnue comme indispensable par les pouvoirs publics. Une autre nécessité se confirme: la constitution de grands groupes diversifiés ou intégrés, capables de financer des investissements massifs et à long terme.

La politique française met en place progressivement les outils généraux ou spécifiques nécessaires au développement industriel de la France.

1.1. Budget et Recherche

Le projet de loi de finances pour 1990 accorde une priorité à la recherche, conformément aux choix du Président de la République.

Le Budget Civil de Recherche et Développement est fixé à 45,3 milliards de F, soit une augmentation de 7,1 % par rapport à 1989. Cette augmentation est supérieure de 2 points à la hausse des dépenses de l'Etat et devrait porter la dépense intérieure de recherche et développement à 2,38 % du PIB. Une nouvelle progression est ainsi faite vers l'objectif des 3 % fixé par le Xème Plan.

L'aide à la recherche industrielle connaît au sein du BCRD la progression la plus importante. Le BCRD comprend les dépenses de

recherche de tous les ministères, à l'exception de celui de la Défense. Près de 5 milliards de F seront consacrés à la recherche industrielle.

Le Fonds de la Recherche et de la Technologie (FRT) inscrit au budget du ministère de la Recherche et de la Technologie reçoit 1 566 millions de F (+30 %) en autorisations de programme. Le FRT prend en charge les programmes nationaux (biotechnologies, matériaux, transports), les programmes sous label Euréka et les programmes permettant des "sauts technologiques". Le soutien accordé au programme JESSI de recherche sur les technologies des semi-conducteurs qui relève de cette dernière catégorie, s'établirait, au sein du FRT, à hauteur de 170 millions de F.

D'autres crédits inscrits au budget du ministère de l'Industrie seront disponibles, notamment pour financer d'autres actions, et notamment les actions de diffusion, vers les PME-PMI, des acquis des grands projets innovants. Différentes aides sont également assurées, au titre de la Filière Electronique.

1.2. Les Plans Formation à la microélectronique

La formation d'ingénieurs et techniciens spécialisés en microélectronique fait l'objet d'efforts importants en France depuis 1982. Cet effort est le fruit d'une coopération exemplaire entre les pouvoirs publics, la profession et les institutions d'enseignement supérieur.

Lancé en 1978, le premier Plan circuits intégrés (1978-1982) n'accorde pas d'attention au problème de la formation d'ingénieurs spécialisés en microélectronique. Les entreprises sont contraintes de recourir à la formation interne, d'où des surcoûts pour ces dernières. La situation de pénurie en spécialistes provoque des tensions sur le marché du travail de ces personnels. Elle induit des retards dans la mise en oeuvre du Plan lui-même.

Les Plans Formation à la Microélectronique

Un premier Plan Formation est mis en place en 1982. Il porte sur la période 1982-1986. Un deuxième plan est mis en oeuvre en 1986. Ce plan est réactualisé en 1989 et doit être prolongé pour la période 1989-1992.

Le premier Plan a atteint ses objectifs. Le nombre d'ingénieurs et de titulaires de DEA/DESS en microélectronique passe de 80 en 1980 à 700 en 1986. Le flux sortant en 1989 est de 850 à 900 spécialistes. L'estimation des besoins pour 1992 ressort à 1200.

Les bases pour la montée en puissance de ce type de formation sont réunies. Une collaboration exemplaire existe tant pour la définition des objectifs de formation que pour la mise en oeuvre des moyens.

La coopération université-industrie-pouvoirs publics

Un Comité National pour la Formation en Microélectronique, le CNFM, réunit, sous la présidence d'un Délégué du ministère de l'Education Nationale, des enseignants en Microélectronique, des représentants du SERICS (ministère de l'Industrie et de l'Aménagement du Territoire) et des représentants du SITELESC (Syndicats des Industries de Tubes Electroniques et Semi-Conducteurs). Le CNFM a proposé le lancement d'un troisième Plan de Formation en Microélectronique pour la période 1989-1992.

Le troisième Plan a pour objectif d'augmenter le nombre de spécialistes formés. Les effectifs actuels sont insuffisants pour les deux types de profils: concepteurs de circuits et ingénieurs "process". Il faut renforcer le nombre d'ingénieurs et aussi de techniciens supérieurs (formations post-IUT). Il est également nécessaire de multiplier le nombre de spécialistes en conception de circuits intégrés. Les équipementiers tendent en effet à accaparer les spécialistes en conception de circuits spécifiques (ASIC) au détriment des fabricants généralistes.

Les trois pôles de la formation en microélectronique

Le plan prendrait appui sur la structure actuelle de l'enseignement en microélectronique, soit trois pôles situés à Grenoble, Toulouse et en Région parisienne:

.Grenoble: Centre Interuniversitaire de Microélectronique (CIME):

-formations initiales concernées: Institut National Polytechnique de Grenoble (ENSERG, ENSIEG, ENSIMAG); Université Joseph Fourier de Grenoble; autres formations extérieures: Ecole Centrale de Lyon, INSA de Lyon, Université Claude Bernard de Lyon et Institut de Chimie Physique Industrielle de Lyon, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne
-moyens lourds mis en jeu: microscopie, caractérisation des semi-conducteurs, moyens de conception assistée par ordinateur
-service national de fabrication collective de circuits intégrés pour l'enseignement et la recherche - CIME (circuits multiprojets) sous la responsabilité conjointe du CNRS et de l'INPG.

.Toulouse: Atelier interuniversitaire de microélectronique (AIME):

-formations initiales concernées: Université Paul Sabatier, Institut National Polytechnique, INSA, Laboratoire d'Automatique et d'Analyse des Systèmes; formations extérieures: Université de Provence Marseille, ENSI Marseille, Universités de Montpellier, Bordeaux, Limoges;
-moyens lourds: équipements technologiques (salle blanche, implantateurs ioniques, fours, photolithographe, photorépéteurs); stations de travail; logiciels de CAO.

.Ile-de-France: Centre de Microélectronique de Paris Ile-de-France (CEMIP)

-formations initiales concernées: Université Paris XI Ceetam; ESIEE; ENST; Paris VII - ESPCI; Université Paris VI;
-moyens lourds: équipements technologiques (salles blanches, machines de gravure, de caractérisation); stations de travail; logiciels de conception assistée par ordinateur.

Les investissements nécessaires

Le plan propose une augmentation des investissements en équipements. Les équipements déjà mis en place se montent à 115 millions de F, dont 72 millions de F apportés par les ministères de l'Education Nationale et de l'Industrie, le solde provenant des régions et de dons de l'industrie.

Les nouveaux investissements correspondant aux besoins actuels sont chiffrés par le CNFM à hauteur de 79 millions de F pour les équipements, les logiciels et à 21 millions de F pour la maintenance et le fonctionnement.

La pénurie de formateurs

Un point délicat à résoudre est la pénurie de formateurs. Les candidats français pour les postes à pourvoir sont peu nombreux. Le SITELESC souhaite que l'on tienne compte de façon réaliste des rémunérations et des évolutions de carrière dans cette filière de formation". La Profession souligne également "qu'il faudrait faciliter les échanges croisés d'enseignants en stages de longue durée dans l'Industrie et d'Ingénieurs professant pour une durée déterminée dans les centres de formation". La question des rémunérations est évidemment centrale.

Le lancement rapide du troisième Plan formation est une condition au développement de l'industrie des semi-conducteurs. Il est également vital pour la diffusion de l'utilisation des semi-conducteurs dans l'ensemble de l'industrie, et, donc, pour la compétitivité de cette dernière.

Les projets communautaires

La Commission des Communautés européennes fait le constat d'un manque de concepteurs en circuits intégrés dans l'ensemble des pays européens. La Communauté propose, en septembre 1989, de lancer, dans le cadre d'Esprit (voir plus loin), le projet VDA (Very large scale integration Design Action) disposant d'un budget de 12,5 millions d'Ecus.

Quinze établissements français ont été sélectionnés pour bénéficier des crédits. Parmi ceux-ci, figurent le CEMIP (Paris Ile-de-France), des établissements membres de l'AIME (Toulouse), du CIME et du CMP.

La proposition d'action de la Commission est une pierre de plus pour renforcer l'enseignement de la microélectronique. La cohérence de l'action menée par le CNFM ne doit toutefois pas être menacée. Les

centres d'enseignement à la microélectronique ne peuvent être multipliés, compte tenu de la lourdeur des équipements nécessaires.

Il pourrait être avantageux de faire du Comité National pour la Formation en Microélectronique l'interface obligée avec les autorités du programme VDA.

1.3. Quelle mission pour le CEA ?

Le CEA dispose avec le LETI (Laboratoire d'Electronique et de Techniques d'Informatique) situé à Grenoble d'un laboratoire de recherche de grande valeur, notamment dans le domaine des semi-conducteurs. Le LETI bénéficie de crédits de recherche de la part du ministère de la Recherche et Développement, dans les domaines des semi-conducteurs, de l'optoélectronique, des mémoires de masse et de la visualisation.

Selon le rapport Rouvillois, le CEA doit diversifier ses activités en raison du ralentissement du programme nucléaire français. Actuellement, les retombées de l'électronique, de la chimie, de la robotique et des matériaux ne dégagent que 300 millions de F sur un budget total de 50 milliards de F.

Le projet de loi de finances pour 1990 prévoit un budget en baisse pour le CEA: 6,28 milliards de F en 1990 contre 6,55 milliards de F en 1989. M. Hubert CURIEN, ministre de la Recherche et de la Technologie déclarait en septembre 89: "il n'y a pas de désaffection vis-à-vis du CEA, qui est une source de connaissances de très grande valeur. Nous réfléchissons à son avenir à l'horizon 2000 et au delà".

Sous réserve d'un examen approfondi, les potentialités du CEA en matière de microélectronique pourraient être renforcées pour servir au développement du "champion national".

1.4. Les pouvoirs publics et SGS-Thomson

L'évolution de l'industrie française des semi-conducteurs montre que la France dispose d'un champion de fait: SGS-Thomson.

La stratégie de "joint-venture" entre Thomson et SGS a été acceptée sans arrière pensées. SGS-Thomson a bénéficié du soutien financier des pouvoirs publics. Sa synergie avec Thomson et ses bons

rapports avec les entreprises d'aval font de SGS-Thomson une entreprise dotée de marchés liés. SGS-Thomson est intégré de fait à un grand groupe, 2ème mondial de l'électronique de défense et possédant des parts significatives du marché international dans l'électronique grand public.

Grâce à cette structure et à son dynamisme propre, SGS-Thomson possède une place de choix dans la compétition internationale.

La recherche et le "champion" français

La coopération entre la recherche publique (CNET, LETI) et l'entreprise est un modèle d'ouverture d'organismes de recherche aux préoccupations d'entreprises opérant sur un marché international hautement concurrentiel.

Cette coopération doit prendre une dimension supplémentaire avec la construction du centre de recherche Grenoble 92.

Le projet Grenoble 92 est novateur à plusieurs titres. Il doit permettre d'inscrire dans une réalisation commune les moyens de recherche de SGS-Thomson, du CNET et du LETI. Le centre de recherche et de développement à construire représente un investissement de 1 milliard de F.

La première partie du centre correspond à une salle blanche dans laquelle seront mises en place et testées les nouvelles filières de production de circuits intégrés à haute intégration. Cette partie du centre de Grenoble doit appartenir à 50/50 à SGS-Thomson et au CNET de Grenoble.

La deuxième partie du centre de Grenoble sera constituée d'une unité de fabrication industrielle de circuits intégrés. Elle appartiendra en propre à SGS-Thomson.

Les deux unités seront intégrées de manière à mettre en commun les installations lourdes et nécessaires de contrôle de l'environnement (élimination des vibrations, dépoussiérage, hygrométrie constante etc.).

L'investissement total de 1 milliard de F sera pris en charge à moitié par SGS-Thomson et à moitié par les pouvoirs publics.

Le site de Grenoble verra l'intensification de la collaboration du CNET-Grenoble et du LETI du CEA. Le partage des tâches est défini de la manière suivante: étapes élémentaires de fabrication: LETI; architecture générale et CAO: CNET.

L'opération de Grenoble se traduit donc par un renforcement de la collaboration entre la recherche publique et l'industrie. Elle initialise également une coopération accrue entre des organismes de recherche publique.

Son exemplarité mérite le soutien important et sans retard que le Gouvernement lui accorde.

Les investissements nécessaires de SGS-Thomson

La croissance indispensable de SGS-Thomson nécessite des investissements massifs dans les prochaines années.

La société mère est elle-même engagée dans une compétition mondiale sur ses autres pôles de croissance.

L'électronique de défense est engagée dans un profond processus de restructuration. De très importants mouvements s'opèrent en Europe: prise de contrôle de MMB par Daimler Benz, OPA réussie de GEC et Siemens sur Plessey, rachat des filiales d'électronique de défense de Philips - notamment par Thomson.

A. GOMEZ, Président de Thomson, déclare le 2 octobre 1989 à la Tribune de l'Expansion: "l'électronique de défense est en proie à une crise sérieuse. Dans ce secteur, nous ne sortons pas de la crise, nous y entrons. Etant le deuxième mondial, le premier européen, nous devons faire face."

Le projet de loi de finances pour 1990 prévoit des dotations en capital de 4,7 milliards de F pour les entreprises nationales industrielles. Thomson pourrait obtenir 2 milliards de F. A quoi s'ajoutent les crédits JESSI du FRT et les contributions du ministère de l'Industrie et de l'Aménagement du Territoire, ainsi que celles du ministère des Postes, Télécommunications et de l'Espace, au titre de la filière électronique.

Le financement public - très important - pourrait toutefois trouver ses limites, dans la multiplication des défis à relever pour Thomson: électronique de défense, électronique grand public.

Comment garantir des ressources financières permettant des investissements lourds et une croissance externe par acquisition, dans le domaine des semi-conducteurs?

La nécessité de donner de nouveaux atouts à SGS-Thomson se double de la contrainte de la double nationalité de cette entreprise (filiale possédée à parité par Thomson et l'IRI). Les partenaires français et italien doivent marcher d'un même pas dans l'augmentation des ressources.

2. Les relations Europe-Japon

L'Europe est encore étroitement dépendante du Japon pour la fourniture des semi-conducteurs nécessaires à son industrie. La Communauté, en situation de dépendance, essaie de protéger son marché intérieur. Elle se procure les technologies auprès des leaders japonais. Les relations Japon-Europe sont le symétrique de ce qu'elles étaient au début des années 70. Le paragraphe 3 expose les politiques communautaires destinées à réduire l'écart de compétitivité.

2.1. L'accord anti-dumping CEE-Japon

L'accord bilatéral Etats-Unis - Japon signé en 1986 crée un contrôle de quantité et un prix plancher pour les exportations de semi-conducteurs japonais. Devant être limité aux Etats-Unis, il concerne en réalité l'ensemble des marchés tiers, dont l'Europe. La Commission dépose une plainte au GATT et obtient satisfaction. Les négociations de la Commission avec les industriels japonais conduisent à un accord paraphé à la mi-1989.

Cet accord est signé par les principaux producteurs de semi-conducteurs visés par la plainte: Fujitsu, Hitachi, NEC, Mitsubishi, Toshiba et la filiale japonaise de Texas Instruments. Cinq autres fabricants se joignent aux précédents: Matsushita, Sharp, Sanyo, Minebea et Oki. Le gouvernement japonais ne donne toutefois pas sa signature.

L'accord porte sur les mémoires DRAM et EPROM. Les entreprises signataires s'engagent à prendre pour base de calcul de leurs prix à l'export, leur prix de revient augmenté de 8 à 9 %. La Commission obtient le droit d'inspecter les usines des signataires et d'obtenir les bases de calcul chaque trimestre, au moment de la redéfinition des prix. Les producteurs japonais s'interdisent de contourner l'accord en vendant à bas prix leurs circuits intégrés en les faisant transiter par des pays tiers.

Cet accord a pour but l'interdiction de pratiques anti-dumping qui constitueraient un préjudice pour les producteurs européens. Ce ne peut être que l'un des éléments de la politique communautaire. L'accord similaire nippon-américain a mis en relief les effets pervers de ce type d'accord. Il laisse par construction la porte ouverte aux producteurs d'autres pays, comme la Corée du Sud. Il défavorise à

court terme les acheteurs de circuits intégrés. En revanche, à long terme, il concourt à la restauration de la capacité d'offre de l'industrie européenne et donc à la sûreté de l'approvisionnement des utilisateurs.

2.2. Le Japon fournisseur de technologies : une stratégie offensive

La montée en puissance du Japon dans les technologies des semi-conducteurs débute au début des années soixante avec l'assimilation des technologies des leaders du marché.

NEC, Fujitsu et Hitachi commencent leur activité dans les semi-conducteurs grâce à des licences de technologies Texas Instruments.

En 1988, les entreprises japonaises disposent d'une position dominante. Leur stratégie est double: produire sur place dans les pays développés et monnayer leur technologie en fonction d'objectifs stratégiques généraux.

La production de circuits intégrés haut de gamme (DRAM à haute densité) dans la CEE, y compris l'étape capitale de la diffusion, débute en 1989 pour Toshiba et Fujitsu. Ces entreprises ont ainsi la garantie de conserver l'accès au marché européen, quelle que soit la réglementation ultérieure des importations en Europe.

Les entreprises japonaises n'hésitent pas non plus à céder des licences sur leurs technologies de pointe.

Ainsi, Toshiba a cédé des licences à Motorola, Siemens et SGS-Thomson. Hitachi le fait pour Texas Instruments et Oki pour SGS-Thomson.

La raison essentielle de cette attitude est que les semi-conducteurs peuvent servir de monnaie d'échange dans des négociations relatives à d'autres créneaux - électronique grand public et notamment Télévision haute définition.

Cette stratégie de coopération est toutefois sans dommage pour les entreprises japonaises: elles ont pour habitude d'intensifier en permanence leurs avantages concurrentiels existants et d'en développer de nouveaux.

Les entreprises nipponnes ne s'installent jamais dans des positions conquises. Elles ne défendent pas leurs positions d'une manière statique. Leur culture les conduit toujours à une défense mobile de leurs avantages compétitifs. C'est la stratégie de défense par préemption, selon la terminologie de P. Kotler.

Dans le domaine des semi-conducteurs, cette stratégie s'est déjà exprimée avec les mémoires DRAM 16 kilobits. Suite à une attaque massive sur ce segment, les entreprises japonaises réussissent, à la fin des années soixante-dix, à arracher une part importante du marché. Les entreprises américaines répliquent en hâtant la production des 64 kilobits. Elles pensent pouvoir disposer d'une avance technologique pour la production de ces mémoires plus complexes à fabriquer car plus intégrées. En réalité, les producteurs japonais anticipent cette réaction et accaparent le marché des 64 kilobits avant même que les entreprises américaines n'aient lancé leur production.

On peut redouter que cette situation se renouvelle dans un proche avenir. La production par les entreprises américaines et européennes de DRAM 4 mégabits pourrait démarrer dans la situation suivante: un marché déjà saturé par le Japon; un nouveau saut technologique déjà effectué par ce dernier.

Dans ces conditions, la cession de licences aurait un double avantage pour les industriels japonais: l'immobilisation des ressources de l'adversaire sur un segment en passe d'être maîtrisé; la division du front européen en passe de se constituer.

La coopération entre fabricants européens au sein de JESSI (voir ci-dessous) devra en tout état de cause tenir compte des investissements déjà faits par ceux-ci dans l'achat de licences japonaises.

3. La coopération européenne

L'intérêt des Communautés européennes pour l'industrie électronique se manifeste par le programme-cadre de recherche et de développement technologique 1987-1991 et au sein de celui-ci, par les programmes ESPRIT, BRITE, RACE. Ces programmes sont complétés par les procédures EUREKA dans un cadre élargi à 8 autres pays.

3.1. Le programme-cadre de recherche et développement technologique (1987 - 1993).

L'Acte unique met en place dans le domaine de la recherche et de la technologie un dispositif à deux volets: les programmes-cadres pluriannuels et les programmes spécifiques.

Le premier programme-cadre (1987 - 1991), introduit par l'Acte Unique, définit l'action communautaire dans le domaine de la recherche et de la technologie dans trois domaines différents:

- la recherche propre effectuée par le Centre de Recherche Commun (CCR) sur financement exclusif de la Communauté: à l'origine spécialisée dans la fusion nucléaire, cette action se diversifie à la protection de l'environnement, à l'établissement de normes et à la sécurité nucléaire;

- la recherche dans le cadre de programmes spécifiques comme ESPRIT, RACE, BRITE, EURAM; la Commission prend en charge 50 % des travaux menés par des centres de recherche, des universités ou des entreprises;

- les recherches sous la forme d'actions concertées : la Communauté ne finance pas les travaux de recherche proprement dits mais assure leur coordination.

Le programme-cadre 1987-1991 a été adopté le 28 septembre 1987. Il est doté de 6,5 milliards d'Ecus, soit environ 45 milliards de F. Le programme-cadre identifie huit grandes lignes d'action:

1. La qualité de la vie; programme d'action concertée: cancer et SIDA; médecine prédictive et nouvelles thérapies; protection de l'environnement

2. Technologies de l'information et télécommunications: programmes spécifiques ESPRIT (technologies de l'information), RACE (télécommunications), DELTA (enseignement par ordinateur), DIME (monétique), AIM (informatique médicale), DRIVE (aide informatique à la circulation routière)

3. Technologies industrielles: programmes spécifiques BRITE (utilisation de technologies avancées - laser, CAO, modélisation - dans l'industrie manufacturière); EURAM (nouveaux matériaux); recherches sur les matières premières

4. Energie: recherches communautaires dans l'énergie de fission; le JET (Tokamak pour l'étude de la fusion thermonucléaire contrôlée); énergies non nucléaires (CCR)

5. Ressources biologiques: biotechnologies; recherche agricole; application des biotechnologies à l'agro-industrie

6. Aide au développement: programme de recherches spécialisées sur le thème de l'application des sciences et techniques à la solution des problèmes du Tiers-Monde

7. Ressources marines: connaissances du milieu océanique; exploration des fonds marins

8. Coopération scientifique et technique européenne: actions de stimulation (ex: projet BRAIN - neuro-informatique; programme de prospective et d'évaluation FAST; programme EUROTRA pour la traduction automatique).

Avec l'appui de certains Etats membres, la Commission propose début 1989 un réexamen du programme-cadre, sans attendre sa fin.

La nécessité d'intensifier la recherche-développement s'accroît de mois en mois sous les coups de boutoirs des entreprises japonaises. L'effort des Communautés européennes est encore insuffisant. Une autre raison milite en faveur d'un renouvellement anticipé du programme-cadre: son caractère foisonnant et l'insuffisance de priorités claires et en nombre limité sur lesquelles investir massivement.

Le projet de la Commission, présenté par M. Filipo-Maria Pandolfi consiste à substituer à l'actuel programme-cadre, un deuxième programme (1990-1994) mieux doté et plus ramassé dans ses objectifs.

L'objectif de la Commission serait de porter le budget annuel de 9 à 15 milliards de F et d'obtenir une augmentation de près de 60 % du budget global. Parmi les autres infléchissements proposés:

- une priorité aux technologies de l'information et des télécommunications qui bénéficieraient de 40 % du budget total, et aux applications des technologies de pointe aux secteurs traditionnels (35 % du budget total)
- la multiplication des aides aux projets pilotes, proches du marché
- une participation accrue des Communautés aux projets EUREKA.

Le nouveau programme-cadre devait être adopté avant la fin 1989.

Son orientation tient compte de l'importance stratégique de l'industrie des semi-conducteurs.

Sans doute faudrait-il encore renforcer cette priorité.

3.2. le programme ESPRIT

L'article 235 du traité de Rome prévoit la possibilité de promouvoir la compétitivité de l'industrie européenne. Le commissaire à l'industrie de la Communauté européenne, Etienne DAVIGNON, invite en 1980 les douze plus grandes sociétés européennes travaillant dans le secteur des technologies de l'information à élaborer un programme de travail pour leur industrie. Les sociétés suivantes sont consultées: Siemens, AEG et Nixdorf pour la RFA; GEC, ICL et Plessey pour le Royaume-Uni; Olivetti et STET pour l'Italie; Philips pour les Pays-Bas; Thomson, CGE et Bull pour la France.

Le programme ESPRIT (European Strategic Program for Research in Information Technology) qui résulte de cette consultation, a pour objet de renforcer la coopération industrielle intra-européenne

en recherche-développement dans les cinq principaux secteurs des technologies de l'information:

- micro-électronique de pointe
- logiciels
- traitement avancé de l'information
- bureautique
- conception et fabrication assistées par ordinateur.

Le programme ESPRIT connaît une première phase pilote en 1983. Sa première phase - ESPRIT I - porte sur la période 1984-1988, la deuxième phase -ESPRIT II - sur la période 1989-1993.

Chaque projet ESPRIT associe, dans un projet de coopération en recherche et développement, au minimum deux entreprises situées dans deux pays différents de la CEE. La Communauté finance 50 % des coûts, les 50 % restant étant répartis entre les participants. L'enveloppe budgétaire prévue par la Communauté pour ESPRIT I est de 750 millions d'Ecus. Devant le succès du programme, le budget mis en jeu pour ESPRIT II est triplé (2,5 milliards d'Ecus).

Le succès d'ESPRIT est incontestable. Les projets proposés sont 5 fois plus nombreux que les projets retenus. En 1987, 228 projets étaient en cours.

Les apports d'ESPRIT sont principalement les suivants:

- incitation à la recherche du fait de l'allègement des coûts, grâce à la coopération et à la prise en charge partielle des frais correspondants
- multiplication des liens entre entreprises et organismes de recherche publics: en 1987, 71 % des 228 projets voient la participation d'organismes de recherche
- incitation à rechercher des partenaires hors des frontières nationales: renforcement de la coopération industrielle en Europe
- prise de conscience du potentiel technique existant dans les autres pays
- pour les grands organismes de recherche publics, ouverture de chantiers de recherche nouveaux
- encouragement donné à des projets de recherche à long terme

-renforcement de l'importance de la recherche-développement dans les processus de planification globale des entreprises.

L'apport principal d'ESPRIT, dans le domaine des semi-conducteurs semble être, pour les entreprises européennes, une pédagogie de l'intérêt de la connaissance mutuelle et de la coopération.

Les crédits octroyés pour la seule micro-électronique - 500 millions d'Écus, soit environ 3,5 milliards de F pour Esprit II - ne sont toutefois pas à la hauteur des enjeux.

Une dérive se produit d'ailleurs pour l'ensemble du programme. Les projets ESPRIT doivent être, dans l'esprit des auteurs du programme, de nature pré-concurrentielle. Le nombre de projets ayant des applications commerciales spécifiques et immédiates se multiplient jusqu'à atteindre 40 % du total.

Dans le domaine de semi-conducteurs, il y a nécessité d'accentuer l'effort vers les aides à la recherche et au développement des techniques de fabrication des circuits les plus complexes.

C'est l'objet de JESSI.

3.3. JESSI: un programme capital

Le projet JESSI en cours de lancement représente le projet majeur de développement de l'industrie des semi-conducteurs pour les prochaines années.

L'objectif de JESSI (Joint European Submicron Silicon) est de permettre aux producteurs européens une avancée significative dans les technologies CMOS submicroniques.

Le retard actuel des entreprises européennes dans le domaine des mémoires de haute densité se situe, on l'a vu, à plusieurs niveaux:

-absence du marché pour les mémoires DRAM de très haute densité (4 mégabits) dont la technologie est motrice pour l'ensemble du secteur

-recours à des technologies étrangères pour la production de DRAM 1 mégabit

-perte d'indépendance sur l'ensemble de la filière, pour les logiciels, les équipements et les produits de fabrication de semi-conducteurs.

L'objectif de JESSI est non seulement de combler le retard mais aussi de conduire l'industrie européenne au leadership dans les technologies submicroniques.

Une initiative des industriels

L'étude d'un projet de coopération technologique entre les industriels européens des semi-conducteurs commence en janvier 1988. Le projet résulte d'une initiative des industriels et a comme leader Philips, Siemens et SGS-Thomson. Les pouvoirs publics français ont indiqué à plusieurs reprises qu'une formulation par les entreprises elles-mêmes pourrait être plus efficace, en terme d'acceptabilité et de rentabilité, qu'une proposition "technocratique".

La première phase de définition et de programmation du projet intervient pendant l'année 88. Un accord de coopération est signé en avril 1988 entre les institutions et les entreprises parties prenantes. Le nombre de participants s'accroît rapidement et atteint le chiffre de 29. Six pays sont représentés: France, RFA, Pays-Bas, Italie, Belgique, Royaume-Uni. Quatre groupes de travail sont constitués chacun sur l'un des domaines suivants: production de circuits intégrés; équipements et matériaux de production; applications de la microélectronique; recherche fondamentale à long terme. Un secrétariat et des locaux de réunion sont installés à Itzehoe, en RFA, près d'Hanovre.

Le programme de JESSI est arrêté en février 1989. Il prévoit un budget total de 27 milliards de F pour une période de 8 années (1989-1996).

Le 19 juin 1989, JESSI reçoit le label EUREKA à la conférence des vingt ministres de la Recherche, à Vienne. Les cinq pays représentés dans JESSI s'engagent à appuyer le programme.

Le 23 juin, le comité de direction de JESSI choisit son Président: M. Kriegsman, ancien directeur de la division circuits intégrés de Philips. Son siège est établi à Munich.

L'attitude positive du Gouvernement français

Le Gouvernement français manifeste son intérêt pour JESSI dès décembre 1988, en allouant 150 millions de F au titre du collectif budgétaire pour 89 à SGS-Thomson pour sa participation de 1989 à JESSI.

Le 13 juin 1989, un comité interministériel rassemblant les représentants de sept ministères (Finances, Industrie, Recherche, Défense, Postes Télécommunications et Espace, Affaires étrangères, Affaires européennes) approuve le principe du financement de la contribution française à JESSI, soit 5 milliards de F.

Les pouvoirs publics prennent à leur charge 3 milliards de F soit 100 % de la recherche en amont et 50 % des développements industriels. Le Gouvernement accepte par ailleurs de prendre en charge, dans le cadre de l'opération "Grenoble 92", la moitié de l'investissement d'1 milliard de F correspondant à la construction à Grenoble d'un centre d'activité commun à SGS-Thomson et au CNET. Les contributions budgétaires sont réparties, pour un total de 3,5 milliards de F, de la manière suivante: ministère de l'Industrie: 1,9 milliard de F; ministère des Postes, Télécommunications et Espace: 1,12 milliard de F; CEA : 400 millions de F. Les industriels français s'engagent quant à eux à assurer une contribution de 2,5 milliards de F.

Les objectifs technologiques de JESSI

Le cadre de progression de la technologie retenu comme hypothèse par JESSI est le suivant:

	1990	1993	1996
Technologie	0,7 micron	0,5 micron	0,35 micron
Applications			
DRAM	4 mégabits	16 mégabits	64 mégabits
SRAM	1 mégabit	4 mégabits	16 mégabits
EPROM	4 mégabits	16 mégabits	64 mégabits
Nombre de transistors par puce:			
circuits mémoires	6 millions	30 millions	100 millions
circuits logiques	0,6 million	3 millions	10 millions
Aire maximale des puces correspondantes (mm²)			
	100	200	500

L'activité de JESSI est organisée autour de 4 programmes de travail.

1. Programme technologie

L'objectif de ce programme est la mise au point des filières submicroniques CMOS. Il s'agit de parvenir à la maîtrise opérationnelle des techniques de production des mémoires à 100 millions de transistors et de circuits logiques à 10 millions de transistors.

Les étapes de la progression sont :

- disponibilité de la première mémoire en technologie 0,5 micron fin 90
- disponibilité du premier circuit logique en technologie 0,3 micron fin 93.

Le partage des rôles est le suivant:

- technologies mémoires: chacun des partenaires fondateurs approfondit ses technologies dans le type de produit pour lequel il bénéficie de l'expérience la plus grande:

Philips SRAM : 4 et 16 mégabits
Siemens DRAM : 16 et 64 mégabits
SGS-Thomson : EPROM 16 et 64 mégabits

-technologies circuits logiques et processus de fabrication:
participation des fondateurs et d'autres acteurs

-pour ce programme, les instituts de recherche nationaux
travaillent en collaboration avec les entreprises; en France:
CNET et LETI; en RFA, le Fraunhofer Institut.

Le programme technologie doit bénéficier d'environ 11 milliards
de F, soit 41 % du total des concours publics et privés de JESSI.

2. Programme Applications

Le premier objectif du programme applications est le
développement de procédures et d'outils flexibles pour la conception
de circuits hautement complexes. Le deuxième objectif est la
réalisation de circuits "démonstrateurs" (Europrojets).

Le programme devra déboucher début 1992 sur la première
génération d'un cadre commun de Conception Assistée par Ordinateur
(CAO). En 1996, un système complet de CAO devrait être réalisé et
opérationnel.

Ce programme doit déboucher sur la mise au point d'outils
nouveaux de conception de circuits, eux-mêmes utilisés pour la
fabrication de circuits adaptés à la demande des utilisateurs.

Les participants à ce programme sont donc de deux types:

- des producteurs de circuits intégrés: Philips, Thomson, Siemens
et autres
- des sociétés d'électronique européennes: AEG, Alcatel, BMW,
Bosch, Bull, Nixdorf, Philips, Siemens, Thomson
- des centres de recherche publics: CNET, Fraunhofer, IMEC.

Le programme Applications doit bénéficier d'environ
8,6 milliards de F, soit 32 % du total des concours publics et privés de
JESSI.

3. Programme Equipements et Matériaux

Le programme Equipements et Matériaux a pour objectif le rétablissement de l'indépendance européenne pour les équipements et produits d'importance critique nécessaires à la fabrication des semi-conducteurs.

Ce programme sera mis en oeuvre par un partenariat étroit entre les producteurs de semi-conducteurs, les centres de recherche et les fabricants d'équipements et de matériaux: ASM, Alcatel, Electrotech, Leybold, Süss, Air Liquide, Hoechst, Waker, etc.

Le programme Equipements et Matériaux doit bénéficier d'environ 3,5 milliards de F, soit 13 % du total des concours publics et privés de JESSI.

4. Programme Recherche de Base

Le programme de recherche de base est consacrée aux technologies de conception (CAO) et de fabrication des semi-conducteurs.

Les thèmes seront déterminés d'un commun accord par les producteurs de semi-conducteurs et les instituts et centres de recherche publics.

Le programme recherche de base doit bénéficier d'environ 3,8 milliards de F, soit 14 % du total des concours publics et privés de JESSI.

Le management de JESSI: un point central

JESSI met en oeuvre un nombre très important de participants, publics ou privés, industriels ou chercheurs, appartenant à plusieurs pays et installés sur de multiples sites différents.

Son budget total est de 27 milliards de F.

A l'évidence, un management efficace d'un tel projet est particulièrement difficile. Il est en même temps vital pour sa réussite.

L'organisation prévue par le livre vert

L'organe central de JESSI, tel qu'il est décrit dans le livre vert - base du projet accepté par les industriels- est le JESSI Board.

Le JESSI Board a comme missions:

- la définition de la stratégie d'ensemble
- la représentation de JESSI auprès des pouvoirs publics et la négociation avec ces derniers
- la responsabilité de la labellisation "JESSI" qui ouvre droit aux concours des différents programmes
- le maintien de la cohérence globale de JESSI.

Le JESSI Board est assisté d'un Board Support Group qui assure la coordination entre les Management Boards des 4 programmes, la vérification de la cohérence d'ensemble et d'autres tâches, par délégation du JESSI Board.

Le JESSI Office assiste également le JESSI Board pour la définition des règles, l'organisation des projets (aspects légaux et administratifs), la préparation et le contrôle de la planification de l'ensemble de JESSI, et l'information interne et externes des membres.

Chacun des 4 programmes - Technologie, Applications, Equipements et Matériaux, Recherche de Base - est géré par un Management Board qui assure, sous l'autorité du JESSI Board, les tâches suivantes pour le domaine qui le concerne:

- la sélection des projets pour labellisation
- le contrôle de l'avancement des travaux
- l'aménagement des programmes
- la définition des objectifs techniques
- l'information technique en direction des participants éventuels.

Chacun des Management Boards confie à des groupes de projet industriel la préparation des projets (livres bleus), l'organisation et le suivi de l'exécution des travaux.

La composition actuelle de la structure de pilotage de JESSI : le dilemme représentativité - efficacité

La première composition du JESSI Board reflète la part prise par les fondateurs et la multiplicité des intervenants:

- au titre du programme Technologie:
Siemens (RFA),
Philips (Pays-Bas),
SGS-Thomson (France, Italie)

- au titre du programme Applications:
Bosch (RFA),
Olivetti (Italie),
Alcatel (France)

- au titre du programme Equipements et Matériaux:
Electrotech (Royaume-Uni)

- au titre du programme Recherche de base:
Dimes (Pays-Bas).

Le JESSI Board ainsi constitué est en fonction jusqu'à la fin 1990.

La difficulté de composer un programme JESSI agréé par l'ensemble de l'industrie des semi-conducteurs européenne a été illustrée par les demandes de représentation d'autres industriels. Les Gouvernements ont, dans certains cas, subordonné leur soutien à JESSI à un élargissement de celui-ci.

Matra MHS n'a obtenu son admission à l'un des Managements Boards qu'après de difficiles démarches. Matra MHS, Telefunken et Plessey siègeront finalement au Management Board du programme Technologie.

La crainte d'être tenu à l'écart de JESSI a entraîné, de la part de PMI/PME et de grandes entreprises françaises, la création d'un groupement intitulé JEMI, destiné à renforcer leur poids dans la négociation avec JESSI. JEMI rassemble, sous la conduite du LETI (CEA) des entreprises performantes comme: l'Air Liquide, Aluminium Pechiney, Microcontrôle, Gybernétix ou SAPI.

Le dilemme de JESSI est de concilier représentativité et efficacité. Un équilibre harmonieux entre ces deux nécessités contradictoires est impératif.

Un autre impératif: mettre en place des procédures de décision performantes et une structure de gestion de haut niveau

Le secrétariat du JESSI Board doit s'installer dans des locaux fournis par le Länd de Bavière. Début septembre, le JESSI Board s'est doté d'un budget de fonctionnement de 10 millions de F.

L'écueil de la constitution d'une structure administrative trop lourde doit être évité. Toutefois, l'ampleur des problèmes de management à résoudre exige la création d'une structure performante.

Parmi les questions cruciales à résoudre et les tâches indispensables à mener pour l'accélération de la mise en place de JESSI, on peut citer les suivantes:

- définition des procédures de décision
- définition des modes de relations avec les Gouvernements et les instituts publics de recherche
- procédures budgétaires
- procédures de suivi et de contrôle
- communication interne et externe
- compatibilité entre la coopération interne à JESSI et des accords extérieurs de licences de technologies entre des membres et des entreprises américaines et japonaises
- modalités des transferts de technologies entre membres de JESSI et entre les participants et les non-participants.

L'organisation de JESSI, programme de recherche précompétitive coordonnée, est décentralisée, par construction.

Cette organisation est très différente de celle de SEMATECH, avec son centre de recherche commun, ses transferts de personnel et de technologies.

L'organisation adoptée pour JESSI est peut-être la seule possible, compte-tenu de la multiplicité des intervenants et des pays en cause.

Elle n'en constitue pas moins un défi de management.

L'importance relative du programme Equipements et Matériaux

Le budget du programme Equipements et Matériaux représente 13 % du total soit 3,5 milliards de F. Or, l'un des handicaps importants de l'industrie des semi-conducteurs européenne est la faiblesse relative de ses équipementiers et de ses industries produisant les matériaux utilisés en fabrication.

De nombreuses PME/PMI performantes existent en Europe:

- Grande-Bretagne: Electrotech (gravure), Cambridge Instruments (faisceaux d'électrons)
- RFA: Karl Suss (photorépéteurs à rayons X, assemblage des puces), Liebold et Convac (dépôt de résines), Zeiss et Leitz pour l'inspection
- France: Microcontrôle (lithographie), Alcatel (machines de gravure).

Mais leur taille est inférieure à celles des leaders du marché: Nikon, Canon, Perkin-Elmer.

La concentration de l'industrie des semi-conducteurs a pour conséquence qu'une même firme possède des sites d'exploitation dans plusieurs pays, voire plusieurs continents. Les équipementiers doivent pouvoir suivre leurs clients dans cette délocalisation, notamment pour leur service après-vente. Les investissements à prévoir pour le saut technologique du submicronique sont par ailleurs considérables.

La nécessité de la coopération voire de regroupements est donc une question à résoudre.

Une collaboration JESSI-SEMATECH et l'éventualité de l'appel à IBM

La communauté d'objectifs de JESSI et de SEMATECH recouvre selon certains des membres de JESSI une communauté d'intérêt avec les entreprises américaines du secteur.

Le problème de l'éligibilité des entreprises européennes est posé. Les entreprises étrangères sont en effet exclues de SEMATECH. Des

contacts ont été pris entre les responsables de deux groupes. Les possibilités d'une coopération sont à l'étude.

La présence d'IBM au sein de JESSI est étudiée à l'heure actuelle. IBM possède en effet à Corbeil l'une des plus modernes usines de semi-conducteurs du monde. Son unité de Sindelfingen en RFA est la seule à produire des mémoires DRAM 4 mégabits en Europe. Par ailleurs, IBM se proposait de permettre à US Memories de démarrer rapidement la production de DRAM à haute densité en apportant sa technologie.

En réalité, il paraît à l'heure actuelle plus opportun de centrer les efforts de JESSI sur l'approfondissement de la collaboration entre entreprises européennes. L'Europe doit avant toute chose mettre en oeuvre une coopération technologique et économique poussée entre les entreprises européennes.

Une aide des régions ?

L'impact économique du centre Grenoble 92 commun à SGS-Thomson et au CNET est majeur pour la région. On constate par ailleurs que les autorités régionales ouest-allemandes ou italiennes s'engagent dans des aides aux entreprises nationales parties prenantes à JESSI.

Il est souhaitable que les régions aient aussi en France une démarche active d'aide aux grands projets technologiques. La région Rhône-Alpes et le Conseil général de l'Isère ont mis à l'étude le principe d'une aide pour Grenoble 92.

Conclusion : l'urgence du démarrage de JESSI

En tout état de cause, la multiplication des coopérations entre les fabricants européens de semi-conducteurs rend plus aigüe la nécessité d'une gestion performante et de règles bien définies pour JESSI.

Toutefois, les questions de prise de décision et de management de la coopération ne doivent en aucun cas conduire à une sorte de ralentissement de JESSI.

L'affirmation de l'industrie européenne des semi-conducteurs exige que le démarrage effectif de JESSI intervienne le plus rapidement possible. Chacun des pays membres doit sans tarder inscrire dans les faits les engagements pris par les gouvernements pour aider à l'accomplissement du programme ambitieux et vital que constitue JESSI.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les semi-conducteurs sont identifiés, depuis plus de vingt ans, comme un enjeu stratégique et économique majeur. Leur apport est essentiel dans les systèmes d'armes. Leur importance économique s'accroît en permanence, en raison de la diffusion de leur utilisation dans les biens d'équipement des entreprises et des ménages. Ils constituent enfin un secteur économique en plein essor.

L'objectif du Groupe socialiste en demandant une étude à l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, était d'apporter une contribution à la connaissance de quatre questions essentielles pour l'avenir de ce secteur: les développements technologiques à attendre, les marchés des semi-conducteurs et en particulier celui de la carte à mémoire, la répartition des forces au niveau mondial et son évolution, les politiques envisageables en France et dans la Communauté.

Les événements qui agitent chaque jour cette industrie stratégique, permettent d'esquisser quelques perspectives pour l'avenir.

L'évolution des technologies des semi-conducteurs se caractérise par un approfondissement permanent des techniques du silicium. L'intégration s'accroît. Les limites de performance des circuits au silicium sont régulièrement repoussées. Les autres voies - autres substrats, utilisation d'autres propriétés physiques - doivent être étudiées. Elles ne peuvent constituer - dans l'immédiat - des alternatives industrielles.

L'industrie des semi-conducteurs est une industrie en plein essor. Les phases de difficultés qui existent dans cette activité cyclique, soumettent les entreprises à de grandes épreuves. L'avantage, en toutes circonstances, est aux entreprises puissantes, intégrées à un groupe couvrant une partie importante de la filière électronique. La tendance à moyen et à long terme est toutefois fondamentalement favorable. La demande de semi-conducteurs devrait être multipliée par des débouchés en forte croissance comme la micro-informatique et le radio-téléphone aujourd'hui, la Télévision Haute Définition demain et plus tard les applications de la reconnaissance de la parole.

La domination japonaise, au terme d'une évolution d'une dizaine d'années, est aujourd'hui écrasante. L'industrie américaine

précédemment largement en tête du secteur est acculée à la défensive dans les semi-conducteurs produits en masse.

L'industrie européenne dispose de trois producteurs généralistes dont la production est loin de couvrir les besoins du marché européen. Cette industrie est en phase de réorganisation intense. Chacun des trois grands producteurs européens - Philips, SGS-Thomson et Siemens - multiplie les efforts de compétitivité.

Le programme Euréka-JESSI a pour objectif d'aider ces entreprises à retrouver la parité puis une supériorité technologique vis-à-vis des entreprises japonaises. Ce programme est d'une importance vitale pour l'indépendance de l'économie européenne. Sa nécessaire ampleur exige un fonctionnement efficace renforçant la coopération entre les participants au programme. Un management performant est également indispensable tant de la part des pouvoirs publics que de la part de la structure de gestion de JESSI elle-même.

JESSI devrait être l'un des leviers permettant à SGS-Thomson, le champion franco-italien, d'améliorer encore ses positions.

Une autre condition au succès indispensable de SGS-Thomson est que l'entreprise soit en situation de participer activement aux restructurations en cours et à venir dans le secteur. SGS-Thomson a démontré sa capacité à réaliser une croissance interne. SGS-Thomson ne peut être tenu à l'écart des opportunités de croissance externe - reprises, rachats, partenariats nouveaux - qui devraient se multiplier dans cette industrie.

RECOMMANDATIONS

1. Les négociations sur le nouveau programme-cadre communautaire de recherche et de développement technologique interviendront sous la présidence française avant la fin de l'année 1989. Compte-tenu de son caractère stratégique sur les plans militaire et économique et des menaces de plus en plus fortes qui s'exercent sur elle dans la compétition économique mondiale, l'industrie des semi-conducteurs devrait figurer au rang de priorité numéro 1.

2. La mise en place du programme JESSI - élément essentiel pour la mise à niveau de l'industrie européenne et l'obtention d'un leadership mondial, devrait être accélérée.

2.1. Il importe de mettre en place des processus de décision acceptés par les entreprises et par les pouvoirs publics. Parmi les décisions à prendre : l'intégration des entreprises européennes du secteur au programme JESSI ; la compatibilité, pour les entreprises parties prenantes, entre la collaboration au sein de JESSI et les accords avec des entreprises non-européennes extérieures à JESSI.

2.2. La gestion de JESSI apparaît comme un enjeu particulièrement important. Une structure de management efficace devrait être mise en place par recrutement de professionnels de la gestion de projets. Aucune économie ne peut être faite sur la gestion de JESSI.

2.3. Les Gouvernements contribuant au financement de JESSI pourraient passer un contrat d'objectifs généraux et planifiés avec JESSI et ses parties prenantes, sur le modèle des contrats de Plan pour les entreprises publiques françaises. Une instance intergouvernementale réexaminerait tous les deux ans les modalités de son aide, en fonction des résultats obtenus par référence aux engagements pris.

2.4. Une réflexion coordonnée devrait être engagée afin de définir des principes de coopération, pour la consolidation de l'industrie

des équipements et matériaux pour la fabrication des semi-conducteurs.

2.5. Les différentes questions évoquées ci-dessus ne doivent pas pour autant conduire à une sorte de ralentissement de JESSI. Il importe que le démarrage effectif de JESSI intervienne le plus rapidement possible.

3. La France dispose de deux "champions" nationaux en matière de semi-conducteurs.

Matra MHS a choisi d'être un producteur spécialisé. L'entreprise s'est récemment renforcée par une alliance avec Telefunken. Sa stratégie est celle de la production de circuits intégrés spécialisés. Son portefeuille de technologies est de haut niveau. L'entreprise devra être en mesure de rester à la pointe de celles-ci.

SGS-Thomson a choisi la stratégie de généraliste, au plus haut niveau également des technologies des semi-conducteurs.

Les pôles stratégiques de Thomson en matière d'électronique de défense et d'électronique grand-public exigent des investissements massifs.

Le développement de SGS-Thomson ne peut souffrir d'arbitrages défavorables dans une situation d'insuffisance relative de ressources propres pour la société-mère.

Une réflexion devra nécessairement être entreprise sur une coopération accrue entre la France et l'Italie pour assurer à SGS-Thomson les moyens de son développement.

ANNEXES

1.- AVIS DU CONSEIL SCIENTIFIQUE

Les conclusions du rapport ont été présentées au Conseil scientifique de l'Office le mardi 12 décembre 1989.

M. Michel DEMAZURE a mis en évidence les aptitudes particulières de l'industrie japonaise pour tirer le meilleur parti de techniques existantes et les perfectionner. Il a ajouté que l'une des explications du déclin américain dans le domaine des semi-conducteurs provient de ce que les investissements dans la recherche appliquée au domaine militaire n'exercent pas d'effet d'entraînement vis-à-vis des applications civiles.

Mme Hélène LANGEVIN a indiqué qu'elle partage les inquiétudes du rapporteur concernant l'évolution du secteur des semi-conducteurs et a émis le souhait que cette industrie soit placée au premier rang des priorités.

Elle a également souligné avec force que la clé du succès japonais dans les semi-conducteurs se trouve dans la capacité des Japonais à élaborer et à appliquer des plans à long terme dans la recherche et le développement.

M. François DAVOINE a insisté sur la nécessité de développer les universités technologiques pour renforcer les formations technologiques de haut niveau.

M. Paul LACOMBE a indiqué que l'optronique constitue selon toute probabilité un secteur d'avenir pour le traitement de l'information.

M. François CHAPEVILLE a posé le problème de la formation technologique. Au delà du débat formation générale-formation spécialisée, il a constaté que le Japon avait su tirer parti des investissements pratiqués dans la mise au point de produits vendus sur le marché mondial pour élever le niveau technique de ses ingénieurs.

Mme Hélène LANGEVIN a également insisté sur la nécessité de ne pas délaissier la production de biens de grande consommation, compte-tenu de leur rôle possible en matière d'apprentissage technologique et de financement de la recherche en amont.

M. Pierre SAMUEL a fait part de son souhait qu'un processus d'innovation technologique conduit avec succès en France, soit étudié dans le détail afin d'identifier, pour les reproduire, les facteurs clé de la réussite dans le domaine du développement d'applications et de produits nouveaux.

2.- EXAMEN PAR LA DELEGATION

Le rapporteur a soumis ses conclusions à la délégation le jeudi 14 décembre 1989.

A l'issue de l'exposé de M. Louis MEXANDEAU :

M. Louis PERREIN a souligné l'avance technologique des Japonais dans le domaine des semi-conducteurs. Il a insisté sur la difficulté extrême pour l'industrie européenne à rattraper son retard.

M. Jean-Yves LE DEAUT, Président de l'Office, a mis l'accent sur l'importance de la formation comme facteur de compétitivité de l'industrie.

Il a indiqué que le caractère stratégique des semi-conducteurs dans le domaine militaire sera renforcé par la mutation de notre stratégie de défense qui va probablement résulter des bouleversements politiques en Europe de l'Est.

M. Louis PERREIN a souhaité que la recherche appliquée fasse l'objet d'une priorité afin que l'industrie française soit au rendez-vous des prochaines générations de semi-conducteurs.

La délégation a adopté à l'unanimité les conclusions du rapport de M. Louis MEXANDEAU.

MISE A JOUR

Le classement mondial des producteurs de semi-conducteurs pour 1989, diffusé par Dataquest après l'adoption du rapport par l'Office, confirme plusieurs tendances dont ce dernier avait souligné l'importance.

En premier lieu, comme on pouvait le prévoir à la mi-89, la croissance du marché s'est ralentie par rapport à son évolution de l'année précédente et n'a atteint que + 10 % environ en 1989 contre + 37 % en 1988. Parallèlement, la baisse de prix des mémoires dynamiques s'est confirmée. Les conditions sont en place pour des bouleversements importants de l'industrie mondiale.

En second lieu, le classement mondial des entreprises pour 1989, qui fait état d'un ralentissement quasi-général de la progression du chiffre d'affaires des entreprises, enregistre trois modifications très significatives, conséquences de tendances lourdes soulignées dans le rapport.

Texas Instruments (6ème en 1989 - 5ème en 1988) et Intel (8ème en 1989 - 7ème en 1988) rétrogradent chacun d'une place, au bénéfice respectivement de Fujitsu (5ème en 1989 - 6ème en 1988) et de Mitsubishi (7ème en 1989 - 8ème en 1988). Cette évolution confirme à la fois l'affaiblissement relatif de l'industrie américaine et l'importance pour les producteurs de semi-conducteurs d'opérer sur le segment des mémoires dynamiques, dont la croissance est la plus rapide.

Par ailleurs, le fabricant sud-coréen Samsung (13ème en 1989) a continué en 1989 sur sa lancée de l'année précédente, en augmentant son chiffre d'affaires de 42 %, ce qui lui permet de gagner 5 places dans le classement mondial. Le rapport souligne la croissance très rapide en 1988 de l'activité semi-conducteurs du grand groupe sud-coréen (+ 176,8 % par rapport à l'année précédente). Samsung talonne désormais SGS-Thomson (12ème en 1989, comme en 1988).

L'autre fait marquant est la percée de Siemens. Le rapport détaille avec précision le choix stratégique fait par cette entreprise géante en faveur des semi-conducteurs. L'importance des

investissements opérés depuis quelques années et le choix de fabriquer des mémoires dynamiques DRAM produisent leurs premiers résultats en 1989 : Siemens passe en effet de la vingtième à la quinzième place, avec une croissance de 52 % de son chiffre d'affaires.

L'entreprise franco-italienne SGS-Thomson a quant à elle enregistré en 1989 une croissance de 20 % de son chiffre d'affaires. Compte-tenu du ralentissement général de l'activité, cette performance est remarquable bien qu'inférieure à celle de 1988 (+ 28,6 % par rapport à 1987).

Le défi auquel est confronté SGS-Thomson, tel qu'il est exposé dans le rapport, apparaît ainsi encore plus urgent à résoudre : disposer des moyens nécessaires pour répondre à la menace japonaise et désormais coréenne, et, garder une place à la mesure de ses possibilités sur l'échiquier de l'industrie européenne des semi-conducteurs.

PERSONNALITES RENCONTREES SOURCES D'INFORMATION

Personnalités rencontrées

M. Hubert CURIEN, ministre de la Recherche et de la Technologie

M. Jean MIZRAHI, conseiller technique, ministère de l'Industrie et de l'Aménagement du Territoire

M. Jean-Pierre POITEVIN, Directeur du Centre National d'Etudes des Télécommunications (CNET)

M. M. CAMUS, Directeur du Centre de Grenoble du CNET

M. Cyprien AGUER, Délégué Général Adjoint du Syndicat des Industries de Tubes Electroniques et Semi-conducteurs

M. Guy DUMAS, Président-Directeur Général, Matra MHS

M. Jacques BOUYER, Président-Directeur Général, RTC Compelec

M. Jean-Claude VASUTH, Directeur du Plan et des Programmes d'Etudes, SGS-THOMSON, Membre du Comité de Direction du Programme JESSI

M. Gérard MATHERON, JESSI Coordinator, SGS-Thomson

M. Jean-Philippe DAUVIN, Corporate Economist, SGS-Thomson

Bibliographie

La Filière Electronique Française, par J. BARREAU, J. LE NAY et A. MOULINE, 1ère édition, Hatier, Paris, 1986.

L'industrie électronique mondiale, par C. GENTHON, 1ère édition, Institut de Recherche Economique et de Planification du

Développement, Université des Sciences Sociales de Grenoble, Grenoble, 1986.

L'industrie électronique française: 29 ans de relations Etat-groupes industriels (1958-1986), par J. BARREAU et A. MOULINE, 1ère édition, LGDJ, Paris, 1987.

La politique industrielle française en matière d'électronique: 1974-1985, par C. LE BOLLOC'H, Thèse de Doctorat de l'Université Paris XIII, Juin 1986.

L'électronique: un défi planétaire, un enjeu: l'Europe, rapport de la Commission "Prospective des Echanges Internationaux", Commissariat Général du Plan, Paris, 1986.

Competition in Global Industries, par M. E. PORTER, 1ère édition, Harvard Business School Press, Boston, 1986.

La concurrence totale: les leçons du marketing stratégique japonais, par P. KOTLER, L. FAHEY et S. JATUSRIPITAK, 1ère édition, Les Editions d'Organisation, Paris, 1987.

Les alliances stratégiques au sein du programme ESPRIT, par L. K. MYTELKA, Revue du CEPII, Paris, 1988.

Le dossier de l'Europe: Recherche et Développement technologique pour l'Europe, Bruxelles, 1987.

Rapport d'activité, Philips, 1988.

Rapport d'activité, Siemens, 1988.

Sematech, un consortium de recherches pour la production de semi-conducteurs, note de M. Jean-Marc de COMARMOND, Attaché pour la Science et la Technologie, chargé de l'Informatique et de l'Electronique, Ambassade de France aux Etats-Unis, Washington, janvier 1989.

L'industrie américaine des semi-conducteurs: développements technologiques et programmes de recherche, note de M. Jean-Marc de COMARMOND, Attaché pour la Science et la Technologie chargé de

l'Informatique et de l'Electronique, Ambassade de France aux Etats-Unis, Washington, août 1989.

Green Book, JESSI Program, An Initiative of European Institutions and Companies, Results of the Planning Phase, Executive Outline, Itzehoe, Februar 1989.

Europe in 1993, par le BIPE, l'IFO et Promoteia, Paris, janvier 1989.

Les Echos

La Tribune de l'Expansion

Le Figaro - supplément Economie

L'Usine Nouvelle, Technologies Nouvelles

L'Expansion

Le Nouvel Economiste

Statistiques

Statistiques sur les entreprises: DATAQUEST

Statistiques sur les marchés: WSTS

avec l'obligeance de SGS-THOMSON