

Le marché mondial des circuits intégrés : une crise de régime

Philippe Delmas*

Le marché des semi-conducteurs est entré depuis 1984 dans une crise qui se distingue des précédentes par son ampleur et surtout sa durée. Cette récession a été particulièrement brutale aux Etats-Unis, mais a touché aussi le Japon et l'Europe. Plusieurs causes sont avancées : le ralentissement de la croissance économique américaine, l'absence de reprise européenne, la fin de l'expansion de l'informatique individuelle contrairement aux prévisions faites dans le passé et la stratégie de surinvestissement imposée par les entreprises japonaises. Tous les pays industriels se retrouvent avec des excédents élevés de capacités de production, les prix et les marges ont chuté d'autant plus que les producteurs n'ont pas su apprécier dès le départ la durée probable de cette récession. Mais la crise génère aussi une réorganisation de l'industrie : les entreprises s'orientent vers la fabrication de produits spécifiques, marché qui se développe actuellement à côté du marché des produits standard, où la qualité des relations fabricants-utilisateurs du circuit intégré devient un des éléments primordiaux de la réussite. Les résultats des années 1985-1990 s'expliqueront sans doute autant par la stratégie commerciale des entreprises que par leur niveau technologique.

Etant de nature extrêmement cyclique, le marché des semi-conducteurs connaît régulièrement des emballements et des récessions.

Cependant, les difficultés rencontrées depuis la fin de 1984 sont à bien des égards exceptionnelles, à commencer par leur durée.

* *Philippe Delmas, conseiller référendaire à la Cour des Comptes, est consultant au Centre d'analyse et de prévision du ministère des Affaires étrangères.*

Aucune des récessions précédentes n'avait dépassé 15 à 18 mois, or la crise actuelle a commencé au quatrième trimestre 1984 et nul n'en prédit la fin avant les derniers mois de 1987, voire beaucoup plus tard, soit au moins trente mois de crise. En fait, il ne s'agit pas seulement d'un cycle de marché, mais d'une restructuration en profondeur de l'industrie autour de trois phénomènes :

- Une concurrence par l'investissement imposée par les entreprises japonaises, qui a entraîné des surcapacités énormes et des chutes de prix très déstabilisantes;
- Ceci a accéléré la différenciation entre les producteurs de circuits standard, qui sont un petit nombre de grandes entreprises et les sociétés de taille moyenne forcées à la spécialisation sur un certain type de produits ou de clientèle;
- Ces deux groupes sont cependant en concurrence car les niches des secondes sont recherchées par les premières pour améliorer leurs marges et stabiliser leurs activités : il en résulte une augmentation rapide de la taille critique pour concourir. Cet environnement pèse lourdement sur les résultats des entreprises, qui ont évolué de manière catastrophique depuis 1984. Toutes sont donc à la recherche d'un redéploiement de leurs activités et de marchés protégés.

Une refonte profonde des règles de la concurrence

L'industrie traverse une crise sans précédent

Une contraction brutale de la demande

La récession entamée fin 1984 a été exceptionnellement violente. En quinze mois la consommation de semi-conducteurs a baissé de 44 % aux Etats-Unis : la demande au cours du dernier semestre 1985 est retombée au niveau de la fin 1982, annulant complètement deux ans de croissance. L'incidence pour les entreprises a été d'autant plus négative que cette contraction suit une période de croissance fulgurante comme le montre le tableau 1.

TABLEAU 1

Croissance de la demande aux Etats-Unis

Trimestre	1983/1982	1984/1983	1985/1984	1986/1985
1	+ 6	+ 64	- 11	- 17
2	+ 12	+ 62	- 30	0
3	+ 29	+ 52	- 39	n.d.
4	+ 48	+ 27	- 40	n.d.

Source : *Smith Barney* — 1986.

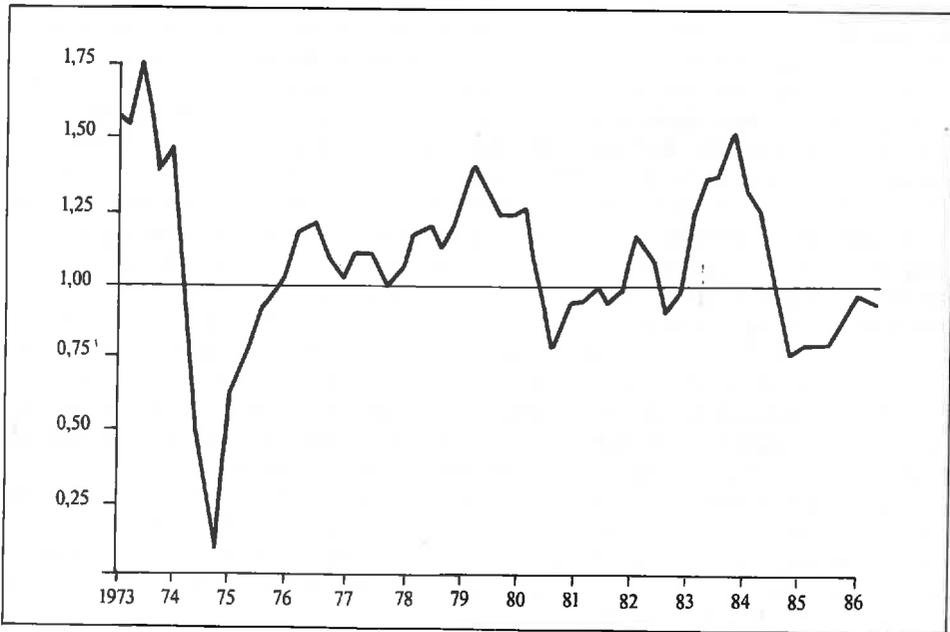
La récession a été particulièrement forte sur le marché de l'informatique qui s'est contracté de 50 % entre 1984 et 1985 et encore de 10 % entre 1985 et 1986 sur les six premiers mois. Sur les autres segments du marché, la baisse annuelle de 1985 s'établit en moyenne à 20 % et celle de 1986 à 5 % sur les six premiers mois.

Si la crise a été particulièrement violente aux Etats-Unis, elle s'est également manifestée ailleurs comme l'indique le graphique 1. Au Japon le volume du marché s'est réduit de 10 % en 1985, ce qui sans précédent. En Europe, la baisse a été de 7 %. En juin 1986, la demande européenne était d'un tiers inférieure à celle de janvier 1984 et de moitié inférieure à celle du point haut de cette même année. Au total, exprimée en monnaies locales, la demande a augmenté de 6,4 % aux Etats-Unis en 1986 mais elle a baissé de 2 % au Japon et 6 % en Europe.

Cette récession a certaines raisons conjoncturelles dont les deux principales sont le ralentissement de la croissance américaine, non relayée par une reprise en Europe, et la fin de l'explosion du marché des ordinateurs personnels. En fait, c'est

GRAPHIQUE 1:

Evolution de l'activité sur le marché des semi-conducteurs *



* Ratio Commandes/Facturations (Marché mondial)

Source : S. I. A. (1986).

la croissance de 1984 qui fut exceptionnelle et aberrante, au moins autant que la récession de 1985. Mais au-delà de ces raisons de circonstances, la gravité de la crise apparaît comme le résultat d'une déstabilisation profonde du marché largement due à la stratégie des entreprises japonaises.

La concurrence par l'investissement

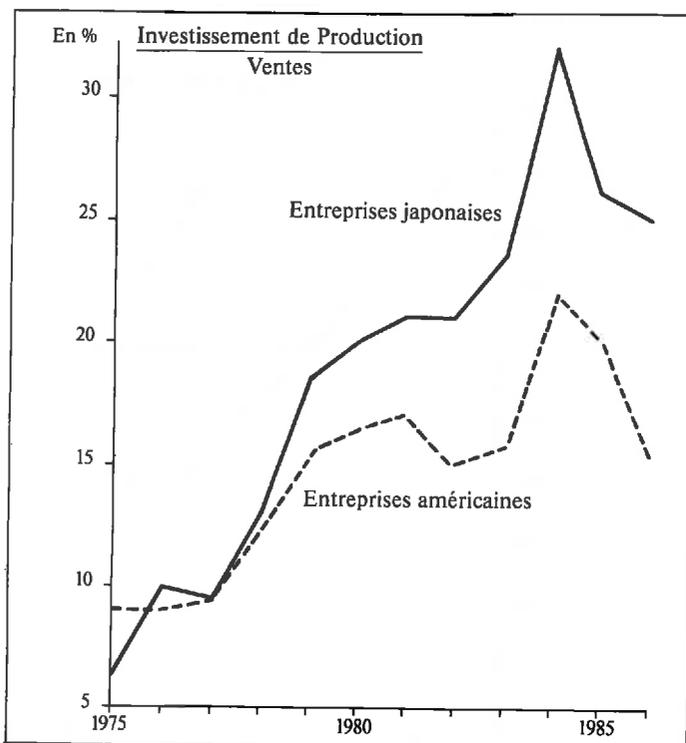
Les producteurs japonais utilisent depuis dix ans l'investissement comme un moyen de concurrence en soi et pas seulement comme un moyen de développement. Depuis 1975, indépendamment de tout cycle du marché, ils ont accru sans cesse leur effort d'investissement et beaucoup plus que proportionnellement à leurs ventes : chaque année de 1975 à 1984, ils ont augmenté de trois points leur ratio Investissements/Ventes, qui est ainsi passé de 6 à 32 %.

Les entreprises américaines se sont efforcées de suivre. Mais soumises à des contraintes de rentabilité plus fortes, elles ont décroché à l'occasion des récessions de 1979 et 1982 : depuis 1980 elles dépensent moins en valeur absolue que leurs concurrentes japonaises. L'écart est d'ailleurs sans doute plus important encore que le montre le graphique 2 établi à prix courants. En effet, les biens d'équipement ont connu une inflation beaucoup plus forte aux Etats-Unis qu'au Japon, de sorte qu'une partie de la croissance du ratio américain est due à un effet de prix.

Il résulte de cette concurrence une surcapacité chronique qui s'accroît gravement au fil du temps. L'augmentation des capacités a été largement indépendante, même aux Etats-Unis, de l'évolution de la demande. Toutefois la très grave récession amorcée fin 1984 a provoqué une inflexion effective de cette augmentation. Cette dérive capitalistique a entraîné un déséquilibre profond par une baisse tendancielle du taux d'utilisation des capacités, surtout aux Etats-Unis. En moyenne annuelle le taux a baissé continuellement de 85 % en 1979 à 58 % en 1982 et 55 % en 1985 après une brève remontée à 68 % en 1984. Sur cette période de 28 trimestres, seuls trois ont vu une croissance de l'utilisation des capacités et cinq une stabilité; pendant les vingt autres, le taux a baissé. La situation est meilleure au Japon, principalement à cause de l'existence d'un vaste marché captif national et de la domination progressive du grand marché des mémoires. La conquête de ce marché par élimination des entreprises américaines a permis de maintenir un taux élevé d'utilisation des capacités pendant la récession de 1981-1982. La récession de 1985 montre encore un caractère nouveau puisque les producteurs japonais ont subi pour la première fois une chute profonde de l'utilisation de leurs capacités qui ne dépasse pas 65 % et se rapproche de celle des entreprises américaines (graphique 3). Cette situation n'est pas en voie d'amélioration du fait des ambitions des nouveaux concurrents, notamment coréens. Ceux-ci ne représentent pas en eux-mêmes une capacité importante menaçant le Japon, mais ils peuvent susciter un comportement d'anticipation relançant un nouveau cycle d'investissement.

GRAPHIQUE 2 :

La stratégie de surinvestissement du Japon



Source : Calculs à partir des données d'entreprises.

L'industrie japonaise réagit de manière habile à ces tensions. D'un côté elle a accepté une réduction sensible — de 20 % — de sa capacité de production en DRAM¹ 256 K. Mais en revanche elle maintient une surcapacité substantielle dans la génération suivante (1 Mb). Motorola estime, officieusement, que quatre des usines japonaises les plus récentes suffiraient théoriquement à assurer la production mondiale de DRAM 1Mb pour les trois années à venir. Il existe une dizaine de ces usines aujourd'hui au Japon.

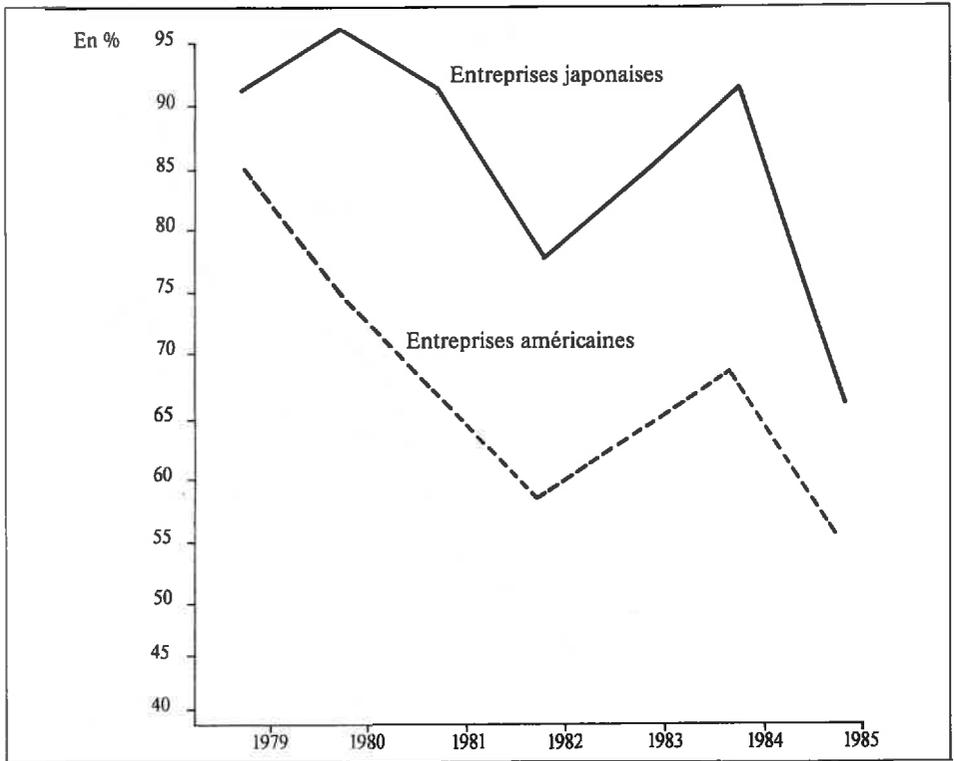
Un écrasement des prix et des marges

Conséquence de cette stratégie financière et commerciale : les prix ont chuté dans des proportions aberrantes qui ont fini par susciter une réaction du gouvernement américain mais — comme dans tous les cas précédents — après que

1. Dynamic Random Access Memory.

GRAPHIQUE 3 :

Taux d'utilisation des capacités de production



Source : Calculs d'après les données de Smith Barney (1986).

l'industrie japonaise ait conquis 90 % du marché des mémoires toutes catégories réunies.

Le tableau 2 illustre bien l'écroulement des prix dans le cas des mémoires des deux dernières générations. Depuis le début de la récession le prix des 64 K DRAM a baissé de 20 % par mois, celui des 256 K de 15 % et celui des 256 KEPROM² de 19 %. Fin 1985, des 64 K se trouvaient à 0,28 dollar et des 256 K à 2,2 dollars. Cette évolution touche toutes les catégories de mémoires y compris les SRAM dont Fujitsu a diminué les prix de moitié au cours des six premiers mois de 1985. Cette évolution a trois conséquences majeurs :

— L'économie de la production de masse est en train de changer pour la seconde fois en dix ans. Jusqu'en 1979 les prix restaient supérieurs au coût d'amortissement

2. Erasable Programmable Read-Only Memory.

TABLEAU 2

Prix des mémoires DRAM

En dollars

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
64 K*							
Prix moyen de l'année	30,0	13,5	7,8	5,5	3,0	2,0	1,0
Prix en début d'année	30,0	25,0	12,0	5,0	3,5	2,5	0,7
Prix en fin d'année	26,0	13,0	6,0	4,0	3,0	0,5	1,1
256 K							
Prix moyen de l'année				45,0	20,0	5,0	2,0
Prix en début d'année				55,0	25,0	8,0	2,5
Prix en fin d'année				25,0	12,0	4,0	2,0

* Produits standards N-MOS — 150 ns.
Source : *Electronic News* (numéros divers).

c'est-à-dire permettaient le renouvellement de la capacité de production, compte tenu de l'augmentation des coûts des technologies. La première vague de surinvestissement japonais (1978-1981) a accéléré la baisse des prix. A partir de 1980 ceux-ci sont passés sous le prix d'amortissement et ont glissé vers le coût marginal réel de production. La seconde vague de surinvestissement (1982-1984) japonais a fait pleinement sentir ses effets dès le début de la récession en cours. Depuis 1985 les prix sont passés au dessous du coût marginal réel puis au dessous des coûts variables de la plupart des entreprises américaines. Si de tels prix sont tolérés par les entreprises japonaises c'est qu'au contraire des autres, elles incluent leurs frais de personnel dans les coûts fixes. Dans ces conditions le coût variable de production d'une mémoire de 64 K est de l'ordre de 20 cents ce qui permet en effet d'en trouver à 28 ou 30 cents.

— Ce comportement est le mieux illustré dans le cas des mémoires. Il faut cependant mesurer qu'il s'applique à toutes les mémoires et plus généralement à tous les produits standard : circuits logiques, microprocesseurs, microcontrôleurs etc. Il y a donc une diffusion de cette stratégie d'écrasement des prix et des marges dans tous les segments du marché. Dans son ampleur ce phénomène différencie nettement la crise de 1985 par rapport à toutes les précédentes et notamment la plus importante, celle de 1975. La contraction des volumes de production a été plus faible en 1985 qu'en 1975. En revanche, en 1975 le prix moyen n'avait baissé — par rapport à la tendance des années antérieures — que de 3 % alors que l'accélération de la baisse tendancielle a été de 17 % en 1985.

— Il en résulte que tous les produits standard partagent la même exigence de redressement de leurs marges et empruntent pour cela principalement les mêmes voies. L'une consiste à rentrer sur les marchés à valeur ajoutée existant dans les produits standard. Trois cas sont exemplaires à cet égard :

-
- les mémoires SRAM³ rapides en CMOS⁴,
 - les mémoires électriquement effaçables E2PROM⁵,
 - les microprocesseurs 16 et 32 bits.

Un écroulement général des entreprises

Ce qui fait la véritable gravité de la crise est plus encore sa durée que son ampleur en 1985. Une contraction de l'activité était annoncée partout à la suite de l'explosion de 1984 qui reposait essentiellement sur deux phénomènes conjoncturels : une croissance exceptionnelle aux Etats-Unis (7,2 % en volume) et le développement du marché des ordinateurs personnels.

En revanche la revue des analyses de marché publiées par les banques, les entreprises ou les sociétés d'études montre, jusqu'en août 1985, une ferme confiance dans la reprise commençant fin 1985. Une bonne mesure de cette confiance est l'anticipation des résultats annuels pour l'exercice 1985 publiée par les différentes banques d'affaires pour les sociétés qu'elles financent. Sur un échantillon de huit « start ups »⁶ l'erreur moyenne de prévision fut un excès de 20 % par rapport à la réalité de l'exercice, et ceci en connaissant les résultats des deux premiers trimestres. Au total, de janvier 1985 à janvier 1987, les neuf premières entreprises américaines du secteur ont perdu plus de 500 millions de dollars.

Pour les six principales entreprises européennes, la même prévision s'est révélée en moyenne erronée par excès de 35 %.

Il faut cependant souligner l'impact considérable des fluctuations des taux de change sur ces résultats pour 1986. Dans le cas des entreprises japonaises par exemple, les ventes, exprimées en yens, ont décliné de 2 % au Japon et de 8 % à l'exportation, mais exprimées en dollars elles ont augmenté de 43 %. De même les ventes des entreprises européennes ont décliné de 6 % en monnaies locales mais augmenté de 16 % en dollars. Il est donc important de raisonner en monnaies locales plus qu'en dollars pour apprécier l'évolution véritable de l'activité.

La raison principale des difficultés est plus dans les prix que dans les volumes. Leur écroulement a précisément pour origine principale l'erreur des grands producteurs sur la durée de la crise. En 1984, les sociétés japonaises, tout en anticipant un reflux en 1985, croyaient à la reprise en 1986. Or, la clef de la concurrence par l'investissement est d'investir en période de récession pour dominer les reprises. Mais fin 1985 et en 1986 l'absence de celle-ci a provoqué, comme il a été vu, une énorme sous-capacité ne laissant d'autre moyen qu'une

3. Static Random Access Memory.

4. Complementary Metal Oxide Semiconductor.

5. Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory.

6. Entreprises récemment créées, en général à forte capitalisation et soutenues par du capital-risques.

baisse radicale des prix étendue à tous les produits pour essayer de maintenir le niveau de l'activité. Un tel phénomène n'a pas de précédent. Il explique pourquoi les entreprises les mieux gérées et les plus innovatrices s'enfoncent dans les pertes quoi qu'elles fassent. L'exemple d'AMD est un des plus intéressants. Cette société a choisi une politique de produits à prix élevé et forte marge. Face à la crise, elle a décidé fin 1985 de sortir chaque semaine un produit nouveau, ce qu'elle a réussi jusqu'à présent. Néanmoins, alors qu'au troisième trimestre 1985 elle perdait 10 % de son chiffre d'affaires, elle en perdait 16 % au premier trimestre 1986 et 18 % au troisième trimestre 1986. C'est pourtant une société exceptionnellement bien gérée et possédant une énorme rente de technologie.

La question n'est donc pas de savoir s'il était possible de perdre beaucoup moins d'argent en 1986. De manière révélatrice, et c'est tout à fait exceptionnel, la cote boursière des fabricants de semi-conducteurs américains n'a pas suivi l'évolution de leurs résultats. Elle se révèle corrélée avec l'évolution de leur stratégie. Les milieux financiers ne sanctionnent pas les pertes de 1986 : ils évaluent l'adaptation au futur.

La spécialisation technologique ne suffit plus

Les modifications de l'économie du marché

Les évolutions analysées ci-dessus ont des conséquences durables sur l'équilibre des marchés : fin 1986 une reprise paraissait exclue pour 1987. En toute hypothèse, la reprise sera vraisemblablement très progressive et surtout les marges importantes de capacité inemployées continueront à exercer de fortes pressions sur les prix.

Cette pression permanente sur les marchés de volume va faire se poursuivre et s'étendre le report des grandes entreprises vers des marchés plus spécifiques permettant une clientèle plus stable et des marges plus élevées. Ce mouvement reflète et renforce le développement d'un marché de produits non standard à l'économie différente, fondamentalement marquée par un resserrement de la liaison entre clients et fournisseurs.

Une telle évolution est amorcée depuis longtemps : il existe des circuits « semi-customs »⁷ depuis 1972 et le marché des ASIC⁸ a dépassé le milliard de dollars en 1983. Toutefois, il ne s'est agi jusque là que de marchés de niches : un constructeur mettait à disposition une conception originale intéressante pour une application bien particulière. Par sa nature même, cette approche s'accompagnait d'une liaison étroite avec le client mais qui tenait à la rareté de celui-ci plus qu'à autre chose. Ceci était naturellement idéal pour le démarrage de petites entreprises valorisant une expertise pointue sur un marché étroit : significativement, plus de

7. Un circuit « customs » est fait sur mesure, à façon.

8. Application Specific Integrated Circuits.

la moitié des 97 « start ups » américaines de 1977 à 1985 se sont portées sur ce créneau.

Aujourd'hui il ne s'agit plus de marchés ponctuels et isolés. L'évolution des technologies autorise des densités d'intégration permettant de mettre des systèmes entiers sur des « puces ». Dès lors qu'un circuit a la capacité de traitement d'un gros IBM de la fin des années soixante-dix, il ne peut plus s'agir d'un produit strictement standard. Un métier considérable se développe pour réaliser cette liaison entre les multiples possibilités des circuits et les besoins spécifiques de chaque utilisateur. Désormais deux types d'entreprises concourent sur ce marché :

- Les vendeurs de circuits à façon qui conçoivent plus ou moins intégralement des circuits nouveaux pour leurs clients,
- Les vendeurs de circuits standard qui en offrent l'adaptation pour des applications spécifiques.

Ces deux groupes sont de moins en moins distincts. Le marché des mémoires offre le meilleur exemple de cette fusion. A partir de ces produits de grande série simples, se développe tout un marché de spécifications particulières :

- Vitelic fabrique des DRAM avancées (256 K, 1Mb) mais en offre 50 variétés différentes optimisées pour des applications spécifiques,
- Excel et Xicor fabriquent des E2PROM pour créer des circuits mixtes analogiques/digitaux.

Au total 17 « start ups » se sont lancées depuis 1978 dans ce créneau d'adaptation de mémoires standard.

A l'inverse, tous les grands fabricants de produits de grande série s'engagent massivement dans les circuits « customs » avec l'idée d'y valoriser leur capacité manufacturière : il n'y avait pas un seul d'entre eux dans les dix premiers vendeurs de « gate arrays »⁹ aux Etats-Unis en 1982 : il y en a huit aujourd'hui.

Il en résulte rapidement une dérive de ces marchés vers la fabrication en grande série. Les « gate arrays » sont un excellent exemple de cette tendance; depuis 1986 ceux-ci se vendent sur la base du prix à la porte comme les mémoires se vendent en cents par bit stocké. Non que la diversité des fonctions ne joue pas, mais la tarification tend à s'aligner sur ce prix normé.

Il y a donc convergence vers un même marché — une même vision du marché — à partir d'horizons tout à fait opposés il y a encore trois ans. Les uns partent de l'aspect spécifique et grâce à l'amélioration considérable des instruments de conception espèrent conquérir de plus en plus d'applications. Les autres partent de l'aspect standard à forte intégration et pensent trouver dans la flexibilité autorisée par des performances élevées de quoi satisfaire un public de plus en plus large. L'analyse du marché faite par les économistes traduit bien cette dualité

9. Parfois appelés en français « circuits pré-diffusés ».

convergente. La compilation de cinq grandes études prospectives révèle leur accord sur la croissance de ce type de marché (30 % plus ou moins 5 % par an) mais aussi leur désaccord sur les technologies privilégiées.

L'importance des liens avec le client

Dans une telle économie c'est la relation avec le client qui devient clef comme jamais auparavant. Dans les marchés de grande série, cette relation s'établit sur des critères purement marchands de prix et de qualité, c'est-à-dire la fiabilité. Dans les marchés de « customs » antérieurs, la performance, la capacité à fournir un produit exceptionnel étaient cardinales.

Désormais, la situation est plus complexe. D'un côté, l'offre de produits spécifiques est très concurrentielle. De l'autre, le caractère stratégique de ces produits s'est accru pour l'utilisateur du fait des performances de plus en plus grandes. C'est pourquoi d'ailleurs un nombre croissant d'utilisateurs conçoivent, voire — plus rarement — fabriquent désormais leurs circuits clefs : unités centrales (Sun, Dec, Darta General), processeurs spécialisés (Rockwell, TRW), etc.

Les utilisateurs sont donc très engagés par leur relation avec leur fournisseur de circuits spécifiques : de sa fiabilité — à tous égards — dépend souvent leur succès. De plus ce fournisseur accède comme aucun autre au cœur des produits. Le client recherche une liaison stable et donc un fournisseur à la réputation éprouvée et au futur garanti. Il en résulte depuis le début de la crise un mouvement de rapprochement et de cristallisation des relations : le marché des circuits spécifiques est une véritable agence matrimoniale. C'est ainsi qu'Apollo a décidé de réduire ses fournisseurs de dix à trois ou deux ; Convex n'en a conservé qu'un seul de même que Compac et Coradata, fabricants d'ordinateurs personnels compatibles. Intecom, fabricant d'auto-commutateurs privés et de réseaux locaux, est à la recherche d'un fournisseur unique de circuits adaptés et Xerox a décidé de s'associer exclusivement avec NSC. Les fabricants de circuits cherchent également à stabiliser leurs relations, particulièrement les plus grands qui ne dominent pas une niche particulière. En échange de l'exclusivité de Xerox, NSC a accepté un transfert de technologie complet jusqu'aux masques.

Texas Instrument a construit une fonderie dédiée à cette clientèle à laquelle il garantit délais et souplesse en échange d'exclusivité. Motorola convertit une fonderie dans le même but à l'intention de petits clients.

Des marchés de plus en plus ouverts

La gestion des liens avec la clientèle devient un élément décisif de la stratégie et dont l'importance va s'accroître encore. Il est significatif à cet égard que les utilisateurs souhaitent a contrario conserver la plus grande flexibilité dans leurs achats de produits standard. Par ailleurs, il est intéressant d'observer que si cette exigence de la clientèle va nécessairement s'accroissant avec la complexité des

produits, elle existe déjà aujourd'hui pour des produits simples. Les circuits de moins de 5 000 portes représentent 94 % du marché des « gates arrays » en 1985. Lisi Logic qui a fait son succès sur la qualité de service dans ces produits a réalisé les trois quarts de ses ventes sur ce type de circuits à moyenne densité. Il existe toujours des débouchés dans lesquels la technologie est la priorité absolue, mais ils ne constituent que rarement des marchés importants. De plus, et c'est sans doute l'essentiel, il n'existe plus guère de marché de niches : sur une simple promesse de croissance, de petits débouchés attirent des foules. Ainsi les E2PROM étaient promis en 1982 à un destin brillant de un milliard de dollars en 1986 qui s'est terni au fil du temps, la prévision étant tombée à 580 millions en 1984 et à 190 millions en 1985, la réalité devant être à 125. Néanmoins, d'un fournisseur en 1980, l'industrie est passée à trois début 1983, à cinq fin 1984 et à dix fin 1986. Les PLA¹⁰ étaient également promis en 1981 à un marché de 500 millions de dollars en 1986, révisé à 400 en 1984, 320 en 1985, 250 en début 1986 pour une réalité de l'ordre de 230. Dans l'intervalle, le nombre de fournisseurs est passé de deux en 1980 à huit en 1984 et à quatorze fin 1986.

Une telle transformation est particulièrement nette pour le marché des CMOS. Jusqu'en 1983, voire 1984, la maîtrise de celui-ci représentait un débouché en soi; le passage en CMOS de produits existants a été le but de nombreuses « start ups » depuis 1980, et continue d'ailleurs encore. Dans le début des années quatre-vingt, la plupart des grands producteurs n'estimaient guère rentable de généraliser le CMOS à d'autres produits que des circuits logiques ayant des contraintes de consommation et d'immunisation aux bruits. Or, en pratique, l'évolution a été beaucoup plus rapide que prévu.

Le CMOS illustre bien, à l'échelle de toute une technologie, le renouvellement de l'économie du marché des circuits intégrés. D'abord niche, puis application spécifique, il est devenu un marché ouvert à tous sur lequel tous les producteurs ou presque sont présents. Il reste encore au sein de ce marché des niches comme le CMOS très rapide cherchant à remplacer la technologie bipolaire. Mais comme il a été indiqué plus haut, même ces niches sont en voie d'ouverture rapide comme le montre l'exemple des RAM statiques rapides.

Les handicaps des entreprises européennes

La taille critique a fortement augmenté

La crise a nettement accru le coût de la concurrence. Cela résulte en partie de la dérive capitalistique imposée par le Japon : entre 1980 et 1985, celle-ci a élevé

¹⁰ Programmable Logic Array.

la moyenne du ratio Investissement/Ventes de 16 à 22 % aux Etats-Unis et de 20 à 32 % au Japon. Analysée par entreprise, cette évolution apparaît générale : elle n'est pas gonflée par quelques producteurs de mémoires de masse. Cette tendance s'est répercutée directement sur les finances des entreprises petites et moyennes. Depuis 1984, les grandes entreprises envahissent les niches des PME en y apportant une forte expertise manufacturière et des capacités inemployées. Les prix ont donc chuté très rapidement dans des segments du marché de plus en plus éloignés des produits de grande série. La baisse des prix dans les « gate arrays » entre fin 1984 et début 1986, par exemple, est comparable à celle des DRAM. Cette invasion a évidemment pour effet simultané de réduire les parts de marché des petites entreprises.

La concurrence par l'investissement a provoqué une double fuite en avant. D'une part, le coût des unités de production a augmenté en parallèle avec le niveau d'exigence manufacturière et de performance technologique : la phase rentable des produits se raccourcit alors que leur complexité et les exigences de fiabilité s'accroissent. En 1980 des taux de défauts de 300 ppm¹¹ étaient courants. Aujourd'hui moins de 1 ppm est courant et certains producteurs garantissent 0 ppm. Il faut donc arriver de plus en plus vite à produire en volume et en qualité. Par suite, le coût de l'« usine modèle » a augmenté en moyenne de 20 % par an depuis 1980.

Mais, d'autre part, nombre d'entreprises s'efforcent de trouver dans la technologie le remède à leurs difficultés. Ceci se traduit par une augmentation soutenue des dépenses de recherche et développement, notamment dans les petites entreprises. La plupart d'entre elles ont stabilisé leurs dépenses en capital en 1985 et 1986 mais ont augmenté leurs efforts de recherche et développement qui atteignent aujourd'hui couramment 25 % des ventes.

Au total la conjoncture, mais plus profondément l'évolution de l'économie de la concurrence, impose des coûts de plus en plus élevés. Globalement cette tendance se mesure par une dégradation sensible du chiffre d'affaires supplémentaire généré par dollar d'investissement, c'est-à-dire, par une augmentation du coût en capital de chaque dollar supplémentaire de vente. Cette tendance était déjà en cours au début des années quatre-vingt mais elle s'est considérablement accentuée comme le montre le tableau 3.

TABLEAU 3

Coût en capital d'un dollar supplémentaire de vente

Période	Etats-Unis	Japon
1977-1980	0,55	0,60
1980-1984	0,79	0,63
1978-1984	1,00	0,61
1981-1986	2,72	1,27

11. Part par million.

Ces chiffres sont naturellement sensibles au choix des années extrêmes mais pas la tendance qu'ils reflètent. L'écart important entre Japon et Etats-Unis a vraisemblablement deux explications. La première est le caractère plus chaotique du marché américain qui connaît des cycles de vente plus marqués qu'au Japon alors que l'inertie de l'investissement est presque aussi grande. La seconde est l'inflation plus forte aux Etats-Unis notamment pour les biens d'équipement. Et de fait les multiplicateurs américains et japonais, sur la période 1978-1984, se rapprochent fortement si on les mesure en dollars de 1980. De même si les fabricants japonais spécialisés dans les mémoires (Hitachi et Nec) sont enlevés de l'échantillon, le ratio japonais passe de 0,61 à 0,65. Ceci tient au fait que les mémoires ont représenté le domaine de progression le plus linéaire et acyclique de l'industrie japonaise.

Il faut souligner cependant que du point de vue de la réalité de la contrainte de financement, les données en dollars courants ont seules un sens. La dégradation exceptionnelle du multiplicateur entre les périodes 1980-1984 et 1981-1986 montre bien l'état financier constitué par une activité en récession avec fortes chutes de prix et des besoins d'investissement élevés et rigides.

L'augmentation du besoin de financement entraîne celle du chiffre d'affaires minimum nécessaire pour la survie des entreprises. Cette évolution se perçoit dès la création des sociétés : le montant moyen des financements exigés avant que soit atteint un véritable équilibre a explosé. Jusqu'en 1980-1981 la majorité des « start ups » démarraient avec des financements de l'ordre de cinq millions de dollars, complétés ultérieurement jusqu'à 10 ou 12 millions de dollars.

Les entreprises réclamant plus de 20 millions de dollars de capital-risques étaient signalées comme des cas. Parmi les 37 « start ups » non captives des années 1979 à 1982, les financements de 25 sont connus. Il n'y en a que six qui dépassent 20 millions de dollars. Or non seulement de tels montants sont devenus courants mais surtout seules les entreprises ayant anticipé de tels besoins de financement se révèlent capables d'affronter la crise. Sur ces 37 entreprises en effet, quatre seulement ont réalisé en 1985 un chiffre d'affaires de plus de 30 millions et en augmentation par rapport à 1984 : toutes les quatre avaient reçu plus de 20 millions de dollars¹². La correspondance est donc étroite, mais elle n'est pas à prendre comme une équivalence, entre gros financement et succès. Elle signifie en revanche que même avec un bon produit et une bonne gestion un financement massif est désormais indispensable.

Il existe là un véritable effet de seuil. C'est sans surprise qu'il apparaît franchi par les sociétés combinant les trois critères majeurs dégagés par les analyses précédentes : des produits de qualité, pas nécessairement originaux mais offerts avec un niveau de service élevé, permettant de stabiliser les relations avec la clientèle et des ressources financières considérables. Ceci traduit une maturation de l'industrie des circuits intégrés : les « success stories » des années 1985-1990 ne

12. LSI Logic (financement de 26 millions de dollars), VTI (35), IDT (27), IMP (21).

semblent pas devoir être des percées technologiques décisives. Comme dans les biens d'équipement professionnel, commencent à dominer les entreprises offrant mieux des produits aussi bons que la concurrence et qui ont une image de solidité rassurant les clients.

Cette analyse financière ne conclut pas à l'obsolescence des percées technologiques comme facteur de succès. Mais c'est un facteur initial seulement, qui doit être complété rapidement par une stratégie commerciale de premier ordre car c'est elle et non la technologie seule qui préservera ou étendra les parts de marché.

Le marché européen n'est guère porteur

Pour réussir, il faut une clientèle importante et diversifiée, soucieuse d'intégrer dans ses produits des circuits performants qui les différencieront de la concurrence. Or non seulement ceci est encore rare en Europe, mais plus généralement l'économie européenne est encore globalement peu consommatrice de semi-conducteurs. Le décalage avec le Japon et les Etats-Unis est frappant : la consommation unitaire européenne de semi-conducteurs en 1985 a six ans de retard sur celle des Etats-Unis et douze sur celle du Japon.

Non seulement la consommation unitaire est plus élevée en niveau au Japon et aux Etats-Unis, mais sa croissance est beaucoup plus rapide depuis 1978 : 39 % par an au Japon et 20 % aux Etats-Unis, contre 13,5 % en France et 7,5 % en RFA. Les perspectives de croissance absolue et relative face aux concurrents d'une entreprise européenne sont donc difficiles d'autant que le marché européen est beaucoup plus fragmenté.

A ces difficultés purement économiques s'ajoutent des problèmes de portance technologique. Il y a peu de marchés en Europe qui combinent dynamique technologique et économique : les mémoires MOS et les circuits linéaires représentaient la moitié du marché en 1984, comme en 1978. Le marché est donc relativement statique. Les circuits logiques et les processeurs qui constituent la dynamique technologique principale ne progressent pas en valeur relative, témoignant d'une grande inertie technologique des utilisateurs.

Une indication révélatrice est le plus lent développement des circuits « customs » et « semi-customs ». Dans le cas des « gate arrays » par exemple, leur part dans le marché total des circuits intégrés est passée entre 1982 et 1985 de 3,4 % à 5,2 % en Europe, de 1,2 % à 6,6 % au Japon et de 2,8 à 9,1 % aux Etats-Unis. Il en résulte que la part de l'Europe dans le marché mondial de ces circuits a été divisée par deux en trois ans chutant de 27,5 % à 13,0 % alors même que la position de départ était favorable. Il y a donc bien un véritable problème de dynamisme technologique de la clientèle européenne.

Cette situation a plusieurs raisons malheureusement durables. La première est l'absence d'une industrie informatique développée : jusqu'à une date très récente celle-ci était le domaine principal combinant une forte croissance avec une exigence technologique élevée : ce marché n'a crû que de 14 % par an depuis 1978 — soit moitié moins qu'aux Etats-Unis ou au Japon et nettement moins que la moyenne du marché européen. L'informatique représentait 31 % de la consommation de circuits intégrés en 1978, 23 % en 1984 et ne devrait pas dépasser 20 % en 1990.

Deux autres raisons générales handicapent les entreprises européennes, surtout celles visant les segments à valeur ajoutée.

D'abord les grands utilisateurs sont peu enclins à privilégier leurs fournisseurs. Du côté des Pouvoirs publics notamment, les incitations sont faibles : la Direction générale des télécommunications et la Délégation générale à l'Armement ne se soucient guère de savoir d'où viennent les circuits qui font fonctionner leurs systèmes : 75 % des composants des systèmes de télécommunications français sont importés. Jusqu'à une date récente l'indifférence était semblable en RFA et au Royaume-Uni mais la situation évolue. En particulier l'acheteur public semble prêt à admettre un surcoût — marginal au regard du prix des systèmes — pour l'approvisionnement de ses systèmes en composants d'origine nationale. Mais du côté des systémiers eux-mêmes l'indifférence est la règle y compris chez ceux qui auraient le plus intérêt aux synergies : Thomson ne couvre lui-même que 15 % de ses besoins de composants; Siemens 18 %, Philips 20 % à 25 %. Ce pourcentage est en moyenne de 25 % au Japon, la médiane étant plutôt à 35 %.

Mais ensuite et plus gravement, les grands clients européens sont dans l'ensemble encore loin d'une véritable culture VLSI, c'est-à-dire d'une attitude cherchant a priori à viser l'intégration de fonctions entières. La flexibilité que permet la conception de ceux-ci est encore largement ignorée autant que les possibilités ouvertes par une intégration poussée. Habités aux produits standard, n'ayant que peu de concepteurs, les grands utilisateurs n'abordent pour la plupart qu'avec lenteur l'usage des circuits « customs ». A. Corrigan, président de LSI Logic, estime à deux ans au moins ce retard d'acculturation des clients européens. Il y a bien, dans toutes les entreprises de pointe, des activités de conception internes pour des fonctions tout à fait spécifiques. Mais, d'une part, il s'agit d'actions très ponctuelles ne reflétant pas une modification générale de la conception des produits, d'autre part, ces circuits sont rarement très complexes. Les cas de conception de circuits à plus de 10 000 portes par des systémiers européens restent rares.

Cette attitude reflète — ou entraîne — une très grande sensibilité aux prix. N'étant pas habitués comme les entreprises américaines à la recherche systématique d'avantages technologiques, les Européens ne pratiquent pas du tout les mêmes arbitrages prix-performances.

La sensibilité au niveau absolu des prix semble beaucoup plus élevée en Europe. Il résulte de cet environnement un double handicap pour les entreprises européennes. D'abord elles ne peuvent que difficilement trouver sur place la portance technologique nécessaire pour se maintenir à parité avec leurs concurrentes américaines et cela d'autant plus qu'elles subissent des contraintes de prix beaucoup plus grandes : non que le prix du bit ou de la porte logique soit inférieur mais le niveau absolu des prix associé avec la conception et la production de circuits complexes est rapidement pénalisant en Europe. Dans ces conditions l'entrée précédemment décrite des grands producteurs à bas coût dans ces multiples marchés spécifiques est particulièrement menaçante pour les entreprises européennes de circuits intégrés.

Cette menace est d'autant plus grande qu'elles ne peuvent pénétrer aussi facilement aux Etats-Unis et au Japon. C'est là le second handicap majeur. Non seulement les grands clients européens sont moins « technology driven » que leurs concurrents japonais ou américains mais ils sont bien plus ouverts à des concepteurs de ces pays en dépit de l'étroite collaboration exigée avec des firmes dont d'autres branches peuvent être concurrentes. En revanche une suspicion systématique règne aux Etats-Unis. Certes elle vise au premier chef les Japonais pour le plus grand bonheur des producteurs américains de circuits « customs » et spécifiques. Mais cette attitude n'est pas sans effet sur la facilité de pénétration des entreprises européennes. Cela d'autant plus que ces dernières, du fait des contraintes analysées ci-dessus, n'offrent que rarement le niveau de performances et de services désormais exigés sur le marché américain.

Conclusion

La crise grave subie depuis 1985 par l'industrie des semi-conducteurs est en train d'en rénover profondément les structures. Depuis le début des années quatre-vingt déjà, de nombreux analystes soulignaient le risque pris par les Européens et les Américains à suivre aveuglément le mode de concurrence imposé par le Japon. Mais l'attrait des volumes énormes des produits standard en dépit de leurs marges décroissantes, la confiance dans la victoire technologique à chaque génération l'ont emporté. C'est un aveuglement identique qui semble avoir largement contribué à la crise du secteur de l'informatique qui à son tour fut une des causes premières des difficultés du marché des semi-conducteurs. Dès 1979 le président de Sperry déclarait : « L'évolution des entreprises est guidée par la technologie plus que par les besoins des clients; nous allons à la catastrophe ». Le développement des ordinateurs personnels fut l'évènement catalytique. Objet miracle, promu à un avenir phénoménal (à l'horizon 1990 le cumul des plans proposés par des entreprises sur ce créneau atteignait un peu plus qu'un ordinateur personnel par être humain...), il satura la clientèle qui devint progressivement sceptique sur l'intérêt d'achats dans les technologies de l'information.

Cette récession brutale entraîna largement celle des semi-conducteurs, particulièrement des produits standard. Il apparut en même temps que les entreprises du secteur faisaient fausse route dans une large mesure en dépendant trop de tels produits. Non seulement ceux-ci étaient à la merci des ressources financières et manufacturières asiatiques mais encore ne correspondaient-ils plus à la logique la plus dynamique de la clientèle. Désormais celle-ci recherche des produits différenciés, spécifiques lui permettant d'identifier ses systèmes comme uniques auprès des clients. Pour ce faire, elle est prête à des concessions importantes comme le montrent celles faites à Intel par IBM pour obtenir le code source du 30386 afin de rendre ses prochains produits plus difficiles à copier.

L'analyse des sociétés performantes depuis 1984 est à cet égard intéressante. Toutes offrent des produits spécifiques, à forte valeur ajoutée et de prix élevé. Les comportements des marchés financiers sont révélateurs. Depuis le début de 1985, les titres de sociétés de haute technologie tendent à baisser, notamment ceux des plus grandes. L'évolution est particulièrement nette dans le cas des semi-conducteurs. Mais au sein de ce secteur existent des sociétés qui, en dépit de résultats médiocres à court terme, enregistrent des appréciations énormes de l'ordre du double en un an. Le ratio de leur capitalisation à leurs ventes atteint facilement 3 ou 4 et les analystes financiers en recommandent l'achat. Intel est le cas limite de cette situation : la même semaine a vu l'annonce de pertes énormes et de l'accord avec IBM aboutissant à une hausse prononcée du titre.

Ces évolutions favorables de jeunes entreprises laissent cependant ouverte la question du futur de l'industrie dans son ensemble. Plus précisément la question est de savoir si le modèle industriel japonais peut être combattu sans être adopté. Il repose essentiellement sur :

- des entreprises très intégrées (part moyenne des semi-conducteurs dans le chiffre d'affaires inférieur à 20 %),
- un marché national très porteur et très protégé.

De manière remarquable, l'Europe évolue très vite vers cette configuration. Au cours des trois dernières années la taille des entreprises a crû considérablement et les activités de semi-conducteurs se sont intégrées dans des ensembles plus vastes. Il y a désormais quatre entreprises européennes dans les 20 premières mondiales. Simultanément des politiques actives d'aide au développement de la consommation par des crédits publics et privés se sont mises en place. L'analyse de ces concours, parfois bien dissimulés, faite en 1986 pour le Ministère de l'Industrie montre qu'en 1985 les trois grands pays européens avaient consacré entre 2 et 3 milliards de francs, directement ou non, à aider leurs industries, essentiellement par le développement de la demande. Curieusement c'est au moment où ces politiques montrent leurs fruits, où elles se mettent en place même aux Etats-Unis que la France envisage de s'en dégager.

Aux Etats-Unis, en revanche, l'attachement à la structure actuelle paraît inquiétante. D'une part, il existe 250 entreprises de circuits intégrés MOS ou

bipolaires, 67 en Asga¹³, 70 en équipements spécifiques. 80 % de ces entreprises réalisent un chiffre d'affaires de moins de 30 millions de dollars, 85 % sont entièrement spécialisées dans les semi-conducteurs. C'est donc une configuration extraordinairement fragile. Cela d'autant plus que, d'autre part, les grands groupes ayant les ressources financières et techniques et offrant des débouchés se dégagent de leur activité commerciale de circuits intégrés : Honeywell, Rockwell, General Electric et RCA, Gould... La tyrannie des résultats trimestriels, l'exigence absurde de rentabilités permanentes et élevées privent ces groupes de la possibilité de faire concurrence à armes égales. Un colloque en janvier 1987 à l'université de Stanford a révélé la lucidité angoissée de l'industrie américaine à cet égard : le directeur technique de Northrop signalait son obligation d'acheter aux Japonais parce qu'ils étaient les seuls à accepter de garantir les composants aussi longtemps (dix ans) que lui-même était astreint à garantir ses pièces au Pentagone. Aux Etats-Unis les juristes et les comptables refusent cet engagement aux sociétés de semi-conducteurs. Le directeur de la Division de Hughes révélait sa dépendance par rapport aux circuits Asga japonais pour les antennes, qui résultait de la suppression il y a cinq ans du laboratoire correspondant chez Hughes à la suite des difficultés de l'année 1982.

L'inquiétude américaine est renforcée par le rythme extraordinaire d'ouverture des nouveaux laboratoires dans ce domaine au Japon depuis 1980 : un en 1981, deux en 1982, trois en 1983, cinq en 1984, six en 1985 et 1986 soit 23 laboratoires neufs de grande capacité en six ans. La concurrence par l'investissement se déplace peut-être vers la recherche et développement. Et de fait, en janvier 1987, Toshiba annonçait son premier prototype de DRAM 4 Mb avec distribution d'échantillons test début 1988... soit trois ans avant les prévisions de 1984. En février 1987 NTT présentait à la Sold State Conference de New York les principes d'une DRAM 16 Mb avec un prototype pour la fin de l'année...

13. *Arseniure de Gallium : substrat pouvant remplacer le silicium et permettant des circuits plus rapides.*
