

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|--------------|
| INTRODUCTION | p. 19 |
| PREMIERE PARTIE - L'INNOVATION TECHNIQUE - LES DIFFERENTES APPROCHES | p. 39 |
| SECTION I - LE PROCESSUS D'INNOVATION : LES APPROCHES ECONOMIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES | p. 40 |
| 1 - <u>L'origine des innovations : les modèles de base</u> | p. 40 |
| a) Les modèles "technology push" et "demand pull" | p. 40 |
| b) Les approches basées sur la structure du marché et la taille de la firme | p. 44 |
| c) Les modèles d'interaction entre la science et le marché | p. 45 |
| 2 - <u>La diffusion des innovations</u> | p. 50 |
| a) Les études empiriques et la mise au point d'un modèle de diffusion | p. 50 |
| b) Les approches théoriques | p. 52 |
| 3 - La création et le développement des nouvelles technologies | p. 54 |
| a) L'approche évolutionniste : les trajectoires technologiques | p. 54 |
| b) Le processus de création de technologie | p. 57 |
| 4 - <u>Le développement des innovations au sein des réseaux socio-techniques</u> | p. 58 |
| a) La théorie de la construction sociale | p. 59 |
| b) Les réseaux d'acteurs technico-économiques | p. 60 |
| c) Les systèmes technologiques | p. 61 |
| d) L'équilibre des forces techniques et sociales | p. 63 |
| 5 - <u>Le processus d'innovation et la gestion de l'entreprise</u> | p. 64 |
| a) La gestion de l'innovation à long terme | p. 65 |

- b) La gestion du processus de développement des produits p. 66
- c) L'environnement des entreprises en matière de R-D et d'innovation p. 68
- d) La relation entre innovation et concurrence p. 69
- e) L'innovation et la montée des formes coopératives d'organisation p. 72

SECTION II - LES ANALYSES SPATIALES DU DEVELOPPEMENT DE L'INNOVATION p. 73

1 - Le développement territorial du processus d'innovation autour d'un acteur innovateur p. 73

- a) La théorie de la base p. 73
- b) La théorie des pôles de croissance p. 74

2 - Le développement territorial du processus d'innovation à partir de la différenciation spatiale p. 76

- a) La division spatiale du travail p. 76
- b) L'introduction de la notion de cycle du produit p. 77

3 - Le développement territorial du processus d'innovation à partir des spécificités locales p. 79

- a) Le "district industriel" réactualisé p. 79
- b) La théorie du développement endogène p. 80
- c) Les technopoles p. 81

4 - Le développement territorial du processus d'innovation et les logiques d'organisation des entreprises p. 83

- a) Les principes de base de l'analyse p. 83
- b) Evolution économique et nouveaux critères d'organisation spatiale p. 84

**DEUXIEME PARTIE - R-D DANS LES ENTREPRISES ET PROCESSUS
D'INNOVATION : LA TENSION ENTRE DEUX CULTURES
D'ORGANISATION**

p. 87

Chapitre 1 - Contexte et enjeux

p. 91

Section 1 - Un environnement en mutation; des enjeux différenciés

p. 93

- 1 - L'évolution de fond de l'environnement technologique des entreprises p. 93
 - a) Le développement de la recherche industrielle p. 93
 - b) L'évolution du cycle d'innovation dans l'électronique p. 95

- 2 - Le contexte actuel p. 98
 - a) Un environnement incertain p. 98
 - b) Un environnement de plus en plus complexe p. 101
 - l'accroissement de la complexité technologique p. 101
 - l'accroissement de la complexité organisationnelle p. 102

- 3 - La différenciation des enjeux p. 103
 - a) selon la nature du produit p. 105
 - b) selon le client p. 106
 - c) selon la phase de maturation de la technologie p. 108

Section 2 - Evolution et ambiguïté du rôle des pouvoirs publics

p. 110

- 1 - Mise en place d'une politique à finalité industrielle et commerciale et interaction avec la politique européenne; le cas de la France p. 110
 - a) La réorientation de la politique publique nationale p. 110
 - b) L'introduction de l'échelon européen p. 112

- 2 - L'ambiguïté de la politique publique en matière de recherche et d'innovation p. 113
 - a) La coexistence de deux logiques d'action p. 113
 - b) Des problèmes pratiques différents selon les pays p. 115

Chapitre 2 - La R-D comme fonction dans l'entreprise : les modèles Philips, Thomson, Siemens p. 119

Section 1 - La distribution de la R-D dans l'organigramme de la firme -

Le cas de Philips, Thomson et Siemens p. 125

1 - La fonction de direction au sein du système de R-D p. 126

2 - Multiplicité et concentration des lieux effectuant des activités de recherche p. 131

3 - Articulation et coordination des activités dans le système de R-D p. 133

4 - La formalisation des relations entre les différents intervenants du système de R-D p. 135

Section 2 - Le poids de la R-D dans l'entreprise : ses relations internes et externes p. 137

1 - Le processus de décision p. 137

a) le passage par le centre stratégique p. 138

b) les relations avec les autres fonctions p. 140

2 - Les échanges à l'intérieur de la firme et avec son environnement -

Les modes de formalisation p. 141

a) les échanges entre la R-D et les autres fonctions de l'entreprise p. 141

- les échanges avec la fonction de marketing p. 141

- les échanges avec la fonction de production p. 142

- le rapprochement des trois fonctions marketing, R-D, production p. 143

b) les échanges entre la R-D et l'environnement de la firme p. 144

- les échanges avec les universités p. 144

- les relations avec les laboratoires publics p. 145

- les relations avec les autres entreprises p. 146

| | |
|--|-------------------|
| Section 3 - L'organisation spatiale, révélateur du système de fonctionnement de l'entreprise | p. 148 |
| 1 - Les implantations territoriales de la R-D | p. 149 |
| a) au sein de la compagnie Philips | p. 151 |
| b) dans le groupe Siemens | p. 151 |
| c) dans le groupe Thomson | p. 152 |
| 2 - La dynamique de localisation | p. 154 |
| a) la logique des processus de localisation | p. 154 |
| b) processus de localisation des activités de R-D et processus de développement technologique | p. 155 |
| - la localisation de la R-D et les caractéristiques générales du processus de développement technologique | p. 156 |
| - la localisation de la R-D et la forme du développement technologique dans le secteur de l'électronique | p. 157 |
| - la localisation de la R-D et l'organisation du développement technologique dans les entreprises; les exemples de Siemens, Philips et Thomson | p. 159 |
| Chapitre 3 - La R-D comme composante du processus d'innovation : le cas des circuits spécifiques et des écrans à cristaux liquides | p. 165 |
| Section 1 • Organisation d'un processus d'innovation multi-acteur réparti dans l'entreprise - L'exemple des ASIC | p. 168 |
| 1 - La forme de la structure | p. 169 |
| a) Les centres de design | p. 169 |
| b) L'entité responsable du pilotage du processus d'innovation | p. 170 |
| 2 - Les différentes fonctions intervenant dans le processus d'innovation des ASIC: l'articulation avec l'organisation par fonction | p. 175 |
| a) La fonction de direction | p. 175 |

| | |
|------------------------------|--------|
| b) La fonction de production | p. 176 |
| c) La fonction de marketing | p. 177 |
| d) La fonction de R-D | p. 178 |
| 3 - L'organisation spatiale | p. 180 |

Section 2 - Organisation du processus d'innovation à partir d'une structure spécifique unique • L'exemple du développement des écrans à cristaux liquides au sein de Thomson-LCD

p. 191

| | |
|---|--------|
| 1 - La forme de la structure | p. 192 |
| 2 - L'articulation avec l'organisation globale du groupe | p. 194 |
| a) Les relations avec la Direction Générale | p. 194 |
| b) Les relations avec les autres fonctions | p. 195 |
| - la fonction de marketing | p. 195 |
| - la fonction de production | p. 196 |
| - la fonction de recherche | p. 196 |
| - la fonction de gestion du personnel | p. 197 |
| 3 - L'organisation spatiale des activités | p. 197 |
| a) La localisation de Thomson-LCD | p. 197 |
| b) L'articulation entre les différents sites localisés intervenant dans le processus d'innovation | p. 198 |
| - les relations avec le centre de décision du groupe | p. 198 |
| - la dimension spatiale des relations établies avec les fonctions | p. 198 |
| - la dimension spatiale des relations établies avec les partenaires extérieurs | p. 199 |

Section 3 • Place de la R-D dans le processus d'innovation et remise en cause de l'organisation structurelle et spatiale au sein de l'entreprise

p.201

| | |
|---|--------|
| 1 - Le rôle primordial de la R-D dans le processus d'innovation | p. 201 |
|---|--------|

| | |
|--|--------|
| 2 - L'implication de la R-D : les deux voies d'évolution de l'organisation | p. 203 |
| a) la première voie: le fonctionnement séquentiel | p. 203 |
| - la recherche fondamentale ou académique | p. 203 |
| - la recherche exploratoire ou recherche de base | p. 203 |
| - la recherche avancée | p. 204 |
| - la recherche appliquée | p. 204 |
| - le développement | p. 205 |
| b) la deuxième voie: la "co-implication" des fonctions | p. 206 |
| - le renforcement du principe de coopération | p. 206 |
| - la remise en cause de l'organisation hiérarchique | p. 207 |

TROISIEME PARTIE - L'ORGANISATION DES RELATIONS ENTRE RECHERCHE ET INNOVATION : L'ARTICULATION DES DEUX CULTURES D'ORGANISATION

p. 209

Chapitre 1 • Evolution des stratégies d'organisation

p. 213

Section 1 - Formes du processus d'innovation et fondements des stratégies d'organisation en matière de recherche et d'innovation

p. 215

| | |
|--|--------|
| 1 - Processus séquentiel et processus combinatoire | p. 215 |
| a) Le processus d'innovation comme enchaînement séquentiel d'activités | p. 215 |
| b) Le processus d'innovation comme processus combinatoire | p. 219 |
| 2 - Innovation de rupture et innovation différentielle | p. 221 |
| 3 - Renforcement du rôle stratégique de la recherche de base | p. 222 |
| a) Un besoin accru de connaissances de base | p. 222 |
| b) Le statut privilégié de la R-D | p. 223 |
| - l'augmentation des budgets de recherche | p. 223 |
| - la R-D comme investissement | p. 224 |
| c) La gestion stratégique de la R-D : trois principes de base | p. 225 |

| | |
|--|--------|
| Section 2 - Stratégies technologiques et organisation interne | p. 226 |
| 1 - Les enjeux | p. 226 |
| - réduire les coûts | p. 226 |
| - favoriser les innovations mises plus rapidement sur le marché | p. 226 |
| - accroître la flexibilité | p. 227 |
| - mobiliser l'entreprise | p. 227 |
| 2 - La structuration de l'activité de R-D et les stratégies de l'entreprise | p. 227 |
| a) Les différents types de segmentation de la R-D | p. 227 |
| - par discipline | p. 228 |
| - par secteur | p. 228 |
| - par produit | p. 228 |
| - par métier | p. 228 |
| - par technologie | p. 229 |
| b) Stratégies de portefeuille et stratégies de ressources : principes et logiques de fonctionnement | p. 230 |
| 3 - L'évolution vers des segmentations par technologie et la mise en place de stratégies technologiques dans les entreprises | p. 232 |
| 4 - Le rôle de l'organisation spatiale | p. 236 |
| Section 3 - Les stratégies partenariales | p. 240 |
| 1 - Le besoin de partenariat | p. 240 |
| - le besoin de complémentarité | p. 240 |
| - le besoin d'échange | p. 240 |
| - l'accès à la technologie | p. 241 |
| - le partage des coûts et des risques | p. 241 |
| - le besoin de "stabilité" | p. 241 |
| 2 - Le réseau partenarial | p. 242 |
| - au niveau de la recherche de base | p. 242 |

| | |
|--|-------------------|
| - dans le cas de technologies émergentes | p. 243 |
| - dans le cas de technologies en phase de maturité | p. 243 |
| 3 - La dimension spatiale des stratégies de partenariat | p. 244 |
| a) Le site géographique | p. 245 |
| b) L'espace de transaction | p. 246 |
| Chapitre 2 - La gestion de la relation entre recherche et innovation - Les moyens mis en oeuvre | p. 249 |
| Section 1 • L'implication des chercheurs dans le processus d'innovation : le rôle de la gestion des ressources humaines | p. 251 |
| 1 - Les enjeux de la gestion du personnel de R-D dans la mise en oeuvre du processus d'innovation | p. 252 |
| a) La motivation et la stimulation des chercheurs | p. 252 |
| b) La mobilité des chercheurs et le renouvellement des compétences | p. 254 |
| c) Les préférences des chercheurs en matière de localisation et l'organisation spatiale des activités de recherche | p. 256 |
| 2 - Les pratiques mises en oeuvre par les Directions des Ressources Humaines | p. 257 |
| a) L'articulation entre la gestion des chercheurs et les autres catégories de personnel: le cas de Philips | p. 258 |
| - les pratiques en faveur de la mobilité des hommes | p. 258 |
| - les pratiques en faveur de l'homogénéisation des comportements | p. 260 |
| b) La gestion spécifique des chercheurs | p. 262 |
| - les principes de base | p. 262 |
| - un exemple de système de gestion spécifique : la mise en place du Collège Scientifique et Technique au sein du groupe Thomson | p. 263 |

| | |
|--|------------|
| Section 2 • L'intégration de l'innovation technologique dans les cycles de conception développement : la gestion par projet | p. 265 |
| 1 - Les enjeux de la gestion par projet dans le secteur de la R-D | p. 266 |
| a) Etablir une relation directe entre les ingénieurs et les scientifiques pour répondre à l'évolution constante des technologies | p. 266 |
| - la création d'un outil de communication | p. 267 |
| - la définition des objectifs en termes de finalité | p. 267 |
| - le rapprochement des acteurs | p. 268 |
| - l'implication de l'environnement | p. 268 |
| b) Mettre en place une recherche à finalité pour répondre à l'objectif de débouché industriel | p. 270 |
| - la structuration et la normalisation de l'activité | p. 271 |
| - la gestion de la configuration | p. 272 |
| - le pilotage économique des projets | p. 273 |
| 2 - Les difficultés de mise en oeuvre face aux logiques en place | p. 274 |
| a) L'équipe projet | p. 275 |
| - la structure | p. 275 |
| - la mission d'introduction de l'innovation | p. 276 |
| - le regroupement des compétences au sein de l'équipe projet | p. 276 |
| b) L'intégration des activités au sein de la structure projet | p. 277 |
| Section 3 - Le problème de la recherche de base : divergence entre Développement et Recherche? | p. 280 |
| 1 - La recherche de base dans l'entreprise | p. 281 |
| a) La question du couplage entre la recherche de base et le reste de la firme | p. 281 |
| b) Les difficultés pratiques de réalisation | p. 281 |
| c) La difficulté de mise en place d'une activité de communication | p. 283 |
| 2 - Le problème de la créativité | p. 285 |
| a) Le renforcement du rôle d'apprentissage de la recherche | p. 286 |

| | |
|--|--------|
| b) Les limites de la rationalisation | p. 287 |
| - la notion de temps | p. 287 |
| - la gestion de la configuration | p. 288 |
| - le pilotage économique des projets | p. 288 |
| 3 - Le renforcement des relations avec l'extérieur | p. 289 |
| a) Les principes d'action au sein des réseaux technologiques | p. 289 |
| b) Les relations entre la recherche au sein des réseaux technologiques et le reste de la firme | p. 290 |
| c) La dynamique de réseau et la forme du processus d'innovation | p. 290 |
| | |
| CONCLUSION | p. 293 |
| Bilan de la recherche | p. 293 |
| Analyse des résultats | p. 298 |
| | |
| ANNEXES | p. 315 |
| Les circuits spécifiques (ASIC: Application Specific Integrated Circuit) | p. 317 |
| Les écrans à cristaux liquides (LCD: Liquid Crystal Display) | p. 335 |
| | |
| BIBLIOGRAPHIE | p. 349 |
| | |
| LISTE DES ENTRETIENS | p. 360 |

INTRODUCTION

L'innovation technique est considérée aujourd'hui comme un des principaux facteurs de compétitivité industrielle. Le développement des nouvelles technologies occupe une place centrale dans les stratégies des entreprises, et constitue une priorité dans les secteurs d'activité basés sur la science. Toutefois, la mise en oeuvre des processus d'innovation technique pose des problèmes d'organisation importants qui semblent mal maîtrisés dans les entreprises aujourd'hui.

Innovation technique et R-D sont souvent confondues dans le langage courant. Or, si le processus d'innovation technique était réductible à l'activité de recherche et développement, les entreprises seraient aujourd'hui confrontées à une situation beaucoup moins complexe. En fait, le processus d'innovation fait intervenir différents types d'activités non seulement à l'intérieur de la firme mais également dans son environnement et devient de plus en plus difficile à contrôler. L'organisation structurelle de ces activités et la gestion de leur interaction sont considérées comme des facteurs déterminants pour le succès des innovations et font l'objet de nombreuses réflexions à la fois dans les entreprises et dans les milieux académiques.

Peu d'analyses prennent en compte la dimension spatiale du processus d'innovation dans l'entreprise. Cette dimension de la localisation est souvent considérée comme un aspect du fonctionnement de l'entreprise relevant de logiques propres plus ou moins indépendantes du reste de la structure. Cependant, la relation entre la R-D et l'innovation technique s'inscrit dans l'organisation de l'entreprise de manière à la fois structurelle et spatiale. Ainsi, jusqu'à maintenant les activités de recherche sont restées relativement isolées du reste de la firme, tant structurellement que géographiquement; mais la réorganisation actuelle des entreprises fondée notamment sur l'établissement de relations transversales entre les fonctions conduit progressivement à remettre en cause cette distance et à considérer de nouvelles formes d'organisation dans lesquelles les dimensions structurelles et spatiales sont plus étroitement imbriquées.

L'objet de ce travail est d'analyser la relation entre le processus d'innovation technique, l'organisation structurelle de l'entreprise et son organisation spatiale. Cette relation constitue un élément de la capacité innovatrice de l'entreprise. Notre objectif ici n'est pas de définir celle-ci en fonction de critères d'efficacité ni de déterminer les formes de relations les plus performantes, mais plutôt de caractériser les logiques et les mécanismes qui la régissent. L'organisation des activités de R-D, l'enchaînement des différentes phases du processus d'innovation et l'articulation entre les sites intervenant dans le processus, concourent à la mise en oeuvre d'une dynamique d'innovation au sein des entreprises. La question posée est de savoir comment s'articulent ces trois composantes.

Notre étude repose sur deux principes. Le premier consiste à établir clairement la distinction entre R-D et innovation technique. La R-D est une fonction de l'entreprise conçue dans un schéma d'organisation vertical et située en amont du processus de production. Elle est en général relativement formalisée: sur le plan structurel, elle est repérable dans l'organigramme de l'entreprise; d'un point de vue fonctionnel les activités de R-D sont assurées par des acteurs bien identifiés; dans l'espace, elles sont repérables par la localisation des unités de R-D. L'innovation au contraire est beaucoup plus informelle et plus difficile à cerner. L'innovation technique qui fait l'objet de ce travail prend la forme d'un processus global: elle se développe de façon transversale dans la firme en faisant intervenir les différentes fonctions de l'entreprise. Une des principales caractéristiques de ce processus est qu'il ne se déroule pas uniquement à l'intérieur de la firme, il met également en jeu les partenaires externes de l'entreprise; se constituent ainsi des réseaux d'innovation, mettant en relation différents acteurs internes et externes à l'entreprise. De cette extension du processus, il découle une plus grande complexité des structures d'innovation.

La deuxième idée de base concerne l'organisation spatiale des activités au sein du processus d'innovation. Entendue non seulement comme la localisation des différentes unités intervenant dans le processus mais aussi comme l'articulation entre les différents sites, l'organisation spatiale est à la fois un révélateur et une composante de la gestion globale du processus d'innovation. Une double relation existe entre les deux formes d'organisation, structurelle et spatiale. D'une part, le fonctionnement et le déroulement dans l'espace du processus d'innovation reflète son organisation structurelle; celle-ci peut être lue et décrite à partir de l'analyse de la forme spatiale du processus d'innovation. D'autre part,

l'organisation spatiale des activités au sein du processus d'innovation permet d'agir sur les modalités de fonctionnement et d'échange entre les acteurs, en les rapprochant ou en les éloignant; elle joue ainsi un rôle d'outil dans la gestion du processus d'innovation.

Hypothèses de recherche

Hypothèse 1 : la R-D devient un lieu de synthèse et un foyer d'interaction au sein du processus d'innovation

Cette hypothèse remet en cause la linéarité du processus d'innovation et établit la distinction entre R-D et innovation. Le processus d'innovation a traditionnellement été représenté selon un schéma linéaire dans lequel la R-D intervient en amont, soit comme lieu de passage et de transfert des nouvelles technologies "exogènes" vers le reste de l'entreprise, soit comme source de l'innovation. Or, il est généralement admis aujourd'hui que le déroulement des opérations qui conduisent de l'idée au produit ne suit pas un processus linéaire. Ainsi dans le contexte actuel, où des formes diversifiées de relation d'échange tendent à se développer entre les acteurs du processus, la R-D joue un rôle plus complexe. Elle peut être la source principale d'innovation, mais elle est plus généralement, un foyer d'interaction et de synthèse dans le réseau des activités concourant à l'innovation. Cette évolution renforce la nécessité d'une nouvelle représentation du processus d'innovation permettant de rendre compte notamment de la place qu'occupe la R-D au sein du processus.

Hypothèse 2 : l'innovation est de moins en moins associée à la notion de rupture

L'innovation ne peut plus être exclusivement associée à la notion de rupture. Le développement de produits nouveaux devient plus régulier, notamment du fait de la place plus importante accordée à l'innovation incrémentale dans les stratégies des entreprises. Les firmes mettent en place différents types d'organisation permettant d'initier et de gérer les flux d'innovation et de prendre en compte les changements de structures résultant de l'innovation sans bouleversement des organisations existantes. Cependant, la notion de rupture ne peut pas être totalement abandonnée. La mise au point de nouvelles technologies

continue à provoquer des changements radicaux et entraîne des discontinuités dans le mode de fonctionnement habituel de la firme.

Deux problématiques se combinent dans les entreprises:

- celle de la rupture où l'innovation résulte du développement d'une invention vue comme un événement remettant en cause le système précédent; ce phénomène est généralement considéré comme aléatoire et incontrôlable par les responsables de l'entreprise;
- celle du progrès continu dans laquelle l'innovation est souvent considérée comme le résultat d'un processus combinatoire, et se développe à partir de différents types de croisements, au niveau des processus (croisements entre les disciplines, croisements entre les fonctions d'entreprise), et au niveau des produits (combinaison de produits existants). Ce processus associant plusieurs types d'interlocuteurs à l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise fait l'objet actuellement de différentes tentatives d'organisation et de gestion au sein des firmes.

Hypothèse 3 : le modèle classique d'insertion de la R-D dans l'organisation de la firme est remis en cause

Le modèle classique d'insertion de la R-D, dans lequel les liaisons avec les autres services de la firme ont lieu par l'intermédiaire des responsables hiérarchiques, est remis en cause. Actuellement, de nouvelles structures émergent, moins pyramidales et favorisant les interactions horizontales entre les différentes activités à l'intérieur et à l'extérieur de la firme.

Les entreprises sont ainsi amenées à développer des structures d'organisation où se rencontrent et se combinent deux cultures d'organisation jusqu'ici clairement distinctes:

- une culture "traditionnelle" axée sur la production routinisée, dans laquelle les activités d'innovation sont à la fois nettement identifiées et séparées des activités de "régime permanent"; dans cette culture, qui est par exemple celle de la production de très grande série, les innovations sont introduites dans la firme de façon discontinue; un produit ou un processus nouveaux sont initiés par les bureaux d'études de l'entreprise, puis mis au point, produits et vendus par les différents services de développement, de production et de marketing de l'entreprise. L'innovation est considérée comme un événement qui vient

perturber le déroulement normal de l'activité caractérisé par une certaine routinisation des opérations de production et de distribution; la logique de fonctionnement est d'assurer journallement la fabrication et la commercialisation des produits. Le fonctionnement d'une telle organisation est conditionné par la capacité de réaction des individus et des systèmes face à de tels événements;

- une culture basée sur l'innovation dans laquelle les structures sont fortement tournées vers la mise au point de produits et de processus nouveaux et permettent l'introduction des innovations sans rupture du système de fonctionnement global de l'entreprise (industries de petites séries, industries basées sur la science). Dans ce cas, l'innovation est considérée comme un événement créé et provoqué par les individus au sein des organisations, mais également caractérisé par son imprévisibilité. Il en résulte la nécessité de développement de capacités d'anticipation, d'innovation et d'ouverture sur l'extérieur des systèmes et des individus. Le fonctionnement de telles structures met en jeu une responsabilité partagée des acteurs et se traduit par un développement des structures transversales, telles que les organisations par projet, qui facilitent les échanges entre les différents partenaires et renforcent la relation entre innovation et production.

L'articulation entre ces deux formes d'organisation est difficile à réaliser. Cependant elle devient un enjeu essentiel car elle permet de rapprocher les individus qui provoquent le changement et ceux qui stabilisent la structure et d'assurer à la fois une capacité à créer de la nouveauté et une régularisation de l'activité.

Hypothèse 4 : la complexité des enjeux d'innovation se traduit par différents types d'exigences organisationnelles dont la compatibilité doit être assurée par l'entreprise

Dans l'environnement économique actuel, les entreprises ont à répondre à différents types d'enjeux en matière d'innovation. Le raccourcissement du cycle de vie des produits et les exigences de variété et de nouveauté exprimées par les utilisateurs amènent souvent les firmes à privilégier les stratégies d'innovation à court terme et à mettre en place des structures organisationnelles permettant d'augmenter le rythme d'apparition des innovations de type incrémental. Parallèlement, l'aspect stratégique de l'innovation à long terme, l'avantage commercial que celle-ci procure à l'entreprise, impliquent la mise en oeuvre de

formes d'organisation axées sur des objectifs à long terme. Par ailleurs, la capacité d'innovation de l'entreprise est liée à la constitution d'une réserve de connaissances scientifiques et de savoir-faire techniques qui exigent des politiques continues, et de long terme.

Plusieurs types de structures organisationnelles répondent à ces enjeux. L'innovation différentielle est favorisée par des structures transversales resserrant les liens entre la R-D, la production, la vente. De telles structures permettent différentes formes d'interaction, notamment entre le producteur et l'utilisateur, et la mise en place de processus séquentiels d'apprentissage et de stimulation privilégiant la réalisation d'innovations incrémentales. Au contraire, l'innovation de rupture consiste en une modification plus radicale des technologies. Dans ce cas, le processus d'innovation comprend une part importante de recherche de base, des collaborations plus larges permettant l'exploration d'un plus grand nombre de voies technologiques, et suppose des délais de développement plus longs. Ce type d'innovation se développe plus facilement au sein de structures d'organisation peu soumises aux contraintes du marché et permettant l'établissement de coopérations avec l'environnement scientifique et technique de l'entreprise. Lorsque l'objectif est de constituer une réserve d'innovation potentielle, une des principales caractéristiques des structures mises en place est de permettre un isolement relatif des chercheurs par rapport aux contraintes industrielles et commerciales.

Ces différentes formes d'innovation sont souvent développées simultanément au sein de l'entreprise; assurer la compatibilité entre leurs différentes exigences organisationnelles constitue un enjeu pour l'entreprise. L'organisation globale du processus d'innovation doit permettre de répondre à cet enjeu; ceci se traduit par des formes d'organisation variables en fonction des priorités de chaque firme; la valorisation des innovations différentielles et leur diffusion rapide dans l'appareil de production ne peuvent pas être réalisées par le même type de structure qui favorise l'innovation de rupture.

Hypothèse 5: le rôle central des ressources humaines dans le développement de l'innovation renforce la nécessité de nouvelles formes de gestion des hommes

La qualité des ressources humaines est un facteur essentiel dans les activités de recherche et d'innovation; l'évolution actuelle de la forme du processus d'innovation fait apparaître de nouvelles exigences dans ce domaine.

Le processus d'innovation se déroule au sein de structures caractérisées par des relations horizontales de plus en plus denses; ces relations sont développées dans le but d'augmenter les interactions entre des individus et entre des groupes ayant des profils et des horizons différents, de provoquer des synergies entre plusieurs domaines scientifiques et techniques et de favoriser les combinaisons qui sont à la source de l'innovation.

L'efficacité de ces mécanismes est directement liée aux compétences techniques des individus qui y participent mais elle ne s'y réduit pas. Il est nécessaire pour les individus, non seulement de maîtriser des savoirs et des savoir-faire dans leur domaine de recherche, mais aussi d'acquérir des capacités de communication et de co-organisation leur permettant de développer des activités avec des individus ayant des compétences et des objectifs différents.

L'innovation par ailleurs se développe dans un contexte d'incertitude, ce qui signifie non seulement qu'elle apparaît dans un environnement incertain auquel il faut faire face, mais également qu'elle peut être favorisée par ce type d'environnement. Ainsi, les personnes impliquées dans le processus d'innovation doivent savoir réagir et s'adapter aux événements, mais aussi être capables de provoquer et de gérer les événements qui vont engendrer l'innovation (Zarifian), ce qui demande des qualités d'anticipation et d'imagination.

Face à cette place centrale des compétences des individus dans le processus d'innovation et à ces enjeux d'innovation, la gestion des ressources humaines est amenée à mettre en place de nouveaux modes de gestion des hommes. Les nouveaux systèmes développés accordent une place particulièrement importante à la gestion de la mobilité des chercheurs et des ingénieurs de développement, ce qui pose le problème de la gestion de carrière pour des

individus qui changent d'emploi et souvent de département fonctionnel au sein de l'entreprise. Les nouvelles compétences exigées soulèvent également la question de l'apprentissage, celui-ci n'étant plus considéré uniquement comme l'approfondissement d'une spécialité mais comme l'acquisition de compétences dans plusieurs domaines. Par ailleurs, le processus d'apprentissage ne doit plus concerner seulement le métier, il doit également apporter aux individus une connaissance de l'organisation et de son fonctionnement, c'est-à-dire des méthodes de mise en oeuvre ou de modification d'une structure.

Hypothèse 6 : l'organisation spatiale est à la fois facteur d'organisation et révélateur du processus d'innovation

L'organisation spatiale intervient comme facteur d'organisation de manière directe et indirecte. Elle constitue souvent un outil dans la mise en place du processus d'innovation, en permettant notamment de raccourcir le cycle recherche-production-distribution par le rapprochement géographique des fonctions marketing, R-D et production. La proximité géographique est également utilisée pour établir ou renforcer des interactions entre des individus ou entre des unités. Dans certains cas, l'éloignement géographique contribue à assurer la confidentialité de certaines coopérations concernant des projets de recherche stratégiques.

Mais la structure territoriale intervient le plus souvent de façon indirecte. Dans ce cas, elle n'agit pas comme facteur dominant dans l'organisation des activités et des coopérations, mais plutôt comme facteur secondaire, permissif ou contraignant. Son rôle est particulièrement important dans l'orientation et dans l'évolution d'une structure; les échanges entre plusieurs acteurs sont souvent maintenus, renforcés ou limités par les facilités ou difficultés d'accès géographique. Les relations entre plusieurs partenaires sont également affectées par leur configuration spatiale; la fréquence des rencontres influe sur la nature et la part d'activité réalisées par chacun et en commun. En effet, les contacts physiques, en particulier dans le domaine de la recherche, sont complétés mais non remplacés par les communications à distance. Ceci ne signifie pas que dans le cas de rencontres peu fréquentes les recherches sont de qualité moindre, mais plutôt qu'elles sont de nature différente. La fréquence des rencontres n'est pas directement liée à la distance

entre les partenaires; elle dépend plus particulièrement du temps nécessaire pour effectuer et maîtriser cette distance.

La configuration spatiale des activités dans l'entreprise est également révélatrice de l'organisation du processus d'innovation. Dans ce sens, elle constitue un élément de compréhension et d'analyse du processus d'innovation. Actuellement, la décentralisation des activités de recherche appliquée et de développement à proximité des unités de production et la répartition des services de marketing dans les divisions produits traduit la tendance à établir des relations transversales entre les acteurs du processus d'innovation. Parallèlement, la centralisation de la recherche de base dans les laboratoires centraux et le renforcement du contrôle de l'ensemble des services de R-D par la direction de la recherche montre la volonté de maintenir une gestion globale et centralisée de l'activité de R-D; ceci permet la constitution d'un système de R-D cohérent avec l'organisation de l'ensemble de l'entreprise et une intégration de la R-D à toutes les étapes du processus d'innovation, de la conception à la distribution des produits.

La constitution de réseaux scientifiques et techniques et le développement de pôles d'innovation territorialisés regroupant différents types d'institutions privées et publiques révèle l'extension du processus d'innovation, d'une part, à l'extérieur de l'entreprise et, d'autre part, au-delà des frontières nationales. Cette évolution traduit notamment la volonté de développement des synergies entre les institutions et entre les pays et se concrétise par la mise en place de nouvelles modalités d'articulation entre les différents partenaires.

Hypothèse 7 : la fonction de R-D et le processus d'innovation mettent en oeuvre des logiques de spatialisation différentes; leur compatibilité conditionne le déroulement du processus d'innovation

La logique "spontanée" de spatialisation de la fonction de R-D se caractérise par une tendance à la centralisation des activités; elle agit en faveur du regroupement des activités au sein de laboratoires centraux dont la masse critique peut garantir les ressources budgétaires, humaines et matérielles nécessaires pour atteindre un certain niveau de qualité de recherche scientifique. Ce mouvement de centralisation se complète par la mise en

oeuvre de partenariats externes dont le principal objectif est d'augmenter la masse critique et de multiplier les possibilités de développements technologiques.

L'organisation spatiale du processus d'innovation repose sur une logique différente, favorisant l'établissement de relations d'échanges horizontaux entre les acteurs du processus, le rapprochement entre les unités de R-D et les usines, et le développement de partenariats internes. Cette logique de transversalisation se traduit par une décentralisation des activités de recherche appliquée et de développement, la mise en place d'équipes de R-D dans les unités de production, le resserrement des relations entre les laboratoires et les usines de production (notamment par transfert de personnels). Il s'agit tout d'abord de faciliter la diffusion des innovations techniques dans le processus de production. Les contacts horizontaux et directs entre les personnels de R-D et de production permettent également d'encourager la remontée des informations détenues par les agents de la production, vers les personnels de R-D et de stimuler l'innovation. La mise en place de formes nouvelles de gestion jusque là réservées au secteur de la production, notamment la gestion par projet, renforcent la tendance à la coordination horizontale des activités.

Face à ces divergences, l'enjeu pour l'entreprise est d'assurer la compatibilité entre ces deux types de logiques afin de permettre l'articulation entre les différents types d'activités au sein du processus d'innovation et l'implication de la R-D. Réaliser cette compatibilité suppose d'inscrire dans l'espace un ensemble cohérent de relations permettant à la fois de rapprocher la R-D des autres composantes du processus et de regrouper les activités scientifiques et techniques entre elles. L'inscription et la délimitation dans l'espace de ces relations conditionnent l'enchaînement et la coordination des activités dans le processus d'innovation.

Méthodologie

Analyser la relation entre la fonction de R-D et le processus d'innovation technique suppose de poser la question du mode d'interaction qui s'établit entre ces deux éléments. L'observation des pratiques concrètes, à travers les études de cas réalisées, nous a conduit à considérer principalement cette relation en termes d'implication de la R-D dans le processus d'innovation. En effet, dans l'évolution du contexte actuel, marqué par l'établissement de

relations plus étroites entre les différentes composantes du processus d'innovation, la R-D tend de plus en plus à s'impliquer dans le processus d'innovation, c'est-à-dire non seulement à établir des contacts avec les autres activités mais également à jouer un rôle plus actif et interactif dans le processus d'innovation, à dynamiser les relations au sein du processus.

I. Dans une première étape, nous avons analysé, à partir d'études de cas, l'organisation de la R-D et la mise en oeuvre des processus d'innovation en faisant apparaître les tensions qui existent entre les différentes logiques de fonctionnement.

Nous avons d'abord analysé les grandes contraintes influençant l'organisation et la gestion du processus d'innovation dans les entreprises: les contraintes liées à l'environnement externe et les contraintes institutionnelles. Les premières sont liées au cadre historique dans lequel s'est développée la recherche industrielle et aux caractéristiques du cycle d'innovation à moyen et à long terme dans le secteur de l'électronique. L'évolution actuelle de l'environnement contribue également à modeler les différentes formes d'organisation du processus d'innovation. L'incertitude forte qui marque l'environnement des entreprises et la complexité à la fois technique et organisationnelle agissent sur les stratégies et les modes de gestion de l'innovation. Enfin, la différenciation des enjeux joue un rôle particulièrement important quant à la forme et à l'organisation du processus d'innovation. Ainsi, une même entreprise est souvent confrontée à des enjeux différents et doit mettre en place un système d'innovation et de recherche cohérent permettant de répondre à plusieurs objectifs; ceux-ci varient notamment selon le type de client, la nature du produit, la phase du cycle de vie de la technologie.

Le contexte institutionnel exerce une forte influence sur l'organisation de l'innovation et de la recherche dans les entreprises. Les politiques publiques sont déterminantes, non seulement du point de vue du soutien qu'elles apportent en termes d'infrastructures ou de financement de la recherche, mais également en ce qui concerne le processus d'acquisition des connaissances. L'Etat assure la mise en place d'une organisation globale intégrant les réseaux d'information publics et privés et favorisant la circulation de l'information et le développement de synergies entre les institutions. Un des principaux problèmes pour les entreprises actuellement réside dans l'ambiguïté du rôle actuel des pouvoirs publics et la coexistence de deux logiques d'action. La première est basée sur l'intervention de l'Etat et la garantie d'un certain niveau de recherche de base; la deuxième, orientée par le souci

d'assurer des débouchés industriels, laisse une plus grande marge de liberté aux entreprises dans la définition de leurs programmes de recherche (Delmas, 1991).

Nous avons ensuite analysé la place et le rôle de la R-D, d'une part, dans la structure globale de l'entreprise et, d'autre part, au sein du processus d'innovation. Nous avons choisi d'étudier l'organisation de la R-D dans trois grandes firmes. Thomson. Philips et Siemens. et d'analyser la mise en oeuvre du processus d'innovation dans le cas de deux technologies nouvelles, les écrans plats à cristaux liquides et les circuits intégrés à application spécifique. Pour cette étude, nous considérons la R-D sous deux aspects, à la fois comme fonction d'entreprise et comme composante du processus d'innovation. Ce cadre d'analyse nous permet de mettre en évidence la coexistence de deux cultures d'organisation, l'une caractérisée par le fonctionnement de l'activité au sein de structures pyramidales et verticales, l'autre basée sur l'établissement de relations transversales entre les différents services de l'entreprise.

En tant que fonction d'entreprise, la R-D occupe une place nettement délimitée dans la structure de la firme et les activités qu'elle recouvre sont facilement repérables. Nous avons tenté de qualifier le système de R-D des entreprises à partir de son organisation interne et de ses relations avec l'environnement. Cette étude a été orientée par le souci de faire apparaître l'articulation et la coordination des activités de recherche à l'intérieur du système de R-D et avec son environnement. Parallèlement, nous avons étudié l'organisation spatiale de la fonction de R-D, en essayant de mettre à jour non seulement les localisations et leur redéfinition actuelle mais surtout les logiques qui guident la localisation des activités de R-D et leur fonctionnement sur le plan territorial.

Analyser la R-D comme composante du processus d'innovation, permet de mettre en évidence les logiques d'innovation dans l'entreprise. Nous avons analysé deux formes d'organisation du processus d'innovation, différenciées à la fois par leur fonctionnement structurel et leur forme spatiale: la première, dans le cas des écrans plats à cristaux liquides, se caractérise par un regroupement géographique des activités de R-D et par une décentralisation du processus au sein d'une unité spécifique; la deuxième, dans le cas des circuits intégrés à application spécifique, se traduit par une dispersion des activités dans l'ensemble de la structure de la firme et par une articulation spatiale des relations entre les différents acteurs du processus. L'étude du fonctionnement de ces deux types de structures

a permis de mieux cerner la place de la R-D dans ces processus et d'appréhender les problèmes que pose l'intégration des activités de recherche.

Enfin, à partir de ces analyses, nous avons tenté de qualifier le rôle de la R-D dans le processus d'innovation et de cerner les différentes formes possibles d'implication et d'articulation. L'organisation actuelle de l'entreprise reste fortement imprégnée par les logiques de fonctionnement traditionnelles liées à la structure par fonction, verticale et hiérarchisée. L'organisation des activités d'innovation au sein de processus formalisés de type projet ne remplace pas l'organisation par fonctions: les processus d'innovation sont mis en place au sein des structures fonctionnelles existantes; la nouveauté de l'organisation réside dans les nouvelles formes de relations entre les acteurs, les différentes articulations entre les étapes, les réorganisations des contacts entre les différentes fonctions.

II. Dans une deuxième étape, nous avons examiné comment s'articulent les deux cultures d'organisation, c'est-à-dire comment les tensions entre les structures fonctionnelles verticales et le fonctionnement horizontal du processus d'innovation sont gérées et intégrées dans l'organisation.

Cette articulation se réalise à deux niveaux: lors de la définition des stratégies d'organisation en matière de recherche et d'innovation et lors de la mise en place des modes de gestion du processus d'innovation. A chaque niveau l'organisation spatiale interfère étroitement avec l'organisation structurelle. Notre objectif est de montrer comment dans la mise en oeuvre des stratégies d'organisation, la structure spatiale constitue un élément à prendre en compte et à gérer en l'articulant aux autres contraintes et comment dans les nouveaux systèmes de gestion le fonctionnement spatial du processus d'innovation est intégré à son fonctionnement structurel.

Nous avons tout d'abord cherché à saisir les fondements des stratégies d'organisation en matière de recherche et d'innovation, en analysant les principales idées qui sont à la base des représentations du processus d'innovation et du rôle de la recherche dans le processus. Nous avons ensuite analysé les stratégies technologiques en essayant de montrer comment elles dynamisent le flux d'innovation; les nouvelles stratégies d'organisation interne sont orientées vers une meilleure utilisation des compétences technologiques par l'ensemble de

la firme et les stratégies partenariales vers l'établissement de synergies avec l'environnement scientifique de l'entreprise.

L'étude des nouveaux modes de gestion mis en place dans les entreprises a permis d'analyser les moyens mis en oeuvre à la fois pour favoriser l'implication de la R-D dans le processus d'innovation et pour assurer l'autonomie nécessaire l'activité de recherche. Nous avons tenté dans cette analyse de mettre en évidence les difficultés pratiques qui apparaissent lors de la mise en oeuvre concrète de ces nouveaux modes de gestion. Nous avons considéré plus particulièrement la gestion des compétences et la mise en place progressive de la gestion par projet. Cette analyse nous a amené à considérer le problème spécifique de la recherche de base; nous avons cherché à comprendre les effets de l'application des nouveaux moyens de gestion dans ce domaine et d'en déduire les formes possibles d'intégration de la R-D. Ce problème devient particulièrement important compte tenu des nouveaux enjeux d'innovation auxquels sont confrontées les entreprises, notamment de l'enjeu d'innovation à long terme.

L'objectif de cette étude étant de comprendre les mécanismes, les interactions et les contradictions qui existent au sein du processus d'innovation, nous avons utilisé une approche qualitative, basée sur des entretiens, des études documentaires et des visites. Les entretiens ont eu lieu avec différentes catégories de personnels au sein des entreprises considérées et dans les institutions partenaires; dans les entreprises, il s'agit des responsables de la R-D au niveau central, des directeurs au niveau des unités de R-D, des chercheurs et ingénieurs de développement, des directeurs de ressources humaines, des responsables de marketing; dans l'environnement de l'entreprise, les entretiens ont eu lieu essentiellement avec des responsables dans le domaine des politiques publiques et des chercheurs travaillant à l'université ou dans les grands laboratoires publics. Nous avons ainsi obtenu des informations non seulement sur l'organisation interne et le fonctionnement des systèmes de R-D mais aussi sur l'organisation du processus global d'innovation, allant de la recherche de base à la production et à la distribution, au sein de l'entreprise et dans son environnement. Parallèlement, des entretiens avec des responsables de R-D dans des entreprises appartenant à des secteurs industriels autres que l'électronique (les secteurs de la chimie et de la parapharmacie notamment) et dans plusieurs pays (France, Allemagne, Pays-Bas, Etats-Unis), ont permis d'établir des comparaisons et de resituer les observations faites dans nos études de cas.

Les entretiens ont pris la forme de discussions plutôt que de questionnaires sur des problèmes précis et étroits, ce qui a permis d'établir une relation plus interactive avec l'interlocuteur et de mettre en évidence des problèmes parfois difficiles à saisir. Les entretiens étaient articulés autour des thèmes suivants :

- l'organisation interne de la R-D, la distribution des activités de R-D dans la firme et leur localisation territoriale;
- les relations entre la R-D et les autres fonctions de l'entreprise, notamment la production, le marketing, la gestion des ressources humaines, et le fonctionnement spatial de ces relations;
- les relations entre la R-D et l'environnement de l'entreprise, en particulier le type et la forme des échanges entre les intervenants au sein des réseaux scientifiques et techniques, la localisation des acteurs et l'articulation structurelle et territoriale de ces réseaux.

Champ de l'étude

Le choix de l'industrie électronique a été guidé par deux raisons majeures. Tout d'abord, cette industrie présente l'avantage d'être un secteur dans lequel l'innovation technique a une histoire relativement longue permettant d'analyser son évolution dans le moyen terme. Face à la poursuite du mouvement d'innovation dans ce secteur, la question qui se pose actuellement est de savoir si l'innovation technique dans l'industrie électronique a atteint sa phase de maturité ou bien si elle présente encore les caractéristiques d'une activité en développement. Certaines observations faites dans ce secteur telles que l'augmentation de l'intégration verticale, l'accroissement des coûts d'entrée, l'augmentation de la taille des entreprises, laissent penser que la phase de maturité est atteinte, alors que le rythme rapide d'innovation, le niveau élevé des dépenses de R-D, l'émergence de technologies nouvelles capables d'introduire une rupture technologique amènent à considérer l'industrie électronique comme étant encore en phase de développement.

Ensuite, l'innovation dans ce secteur industriel ayant une forte composante scientifique et technique, la R-D joue un rôle essentiel dans le processus d'innovation, d'un point de vue à la fois qualitatif et quantitatif. Un niveau élevé de compétences scientifiques doit être assuré et des budgets de recherche importants sont indispensables.

Les trois groupes industriels Thomson, Philips et Siemens ont été choisis principalement en raison de leur fort potentiel de recherche. Dans les trois firmes, les structures de recherche mises en place sont importantes à la fois par leur taille, par la nature de l'activité qui comprend des recherches exploratoires et appliquées et par leur implantation territoriale à l'échelle mondiale. L'objectif de cette étude n'est pas de faire une comparaison entre les trois organisations. Il s'agit d'analyser les problèmes qui se posent dans des organisations de recherche, différentes mais de même nature, et de comprendre les différents types de réponse apportés par chaque système. Philips est une entreprise relativement diversifiée dont l'organisation décentralisée comprend plusieurs laboratoires centraux installés sur différents sites géographiques. Le groupe Siemens se caractérise par la forte centralisation de ses activités de recherche, à la fois structurelle et spatiale. La compagnie Thomson a une structure plus complexe, centralisée ou décentralisée selon les branches d'activités; la combinaison des deux types de structure résulte notamment de la nature de l'activité de Thomson exercée à la fois dans le secteur militaire et dans le secteur civil.

Ces trois entreprises présentent un intérêt non seulement à titre d'exemples de firmes industrielles dont l'activité est basée sur la recherche et la technologie, mais également du point de vue du rôle qu'elles jouent individuellement dans le monde industriel et dans le développement de l'électronique en Europe. Philips, Siemens et Thomson constituent des firmes majeures du secteur de l'électronique. Philips et Siemens ont été parmi les premières entreprises à introduire les innovations réalisées dans le secteur de l'électronique dans les années 50 et 60 sur le marché européen¹. Depuis la fin des années 60, Philips, Siemens et Thomson ont augmenté leur part dans le dépôt de brevets américains alors que la majorité des entreprises du même secteur ont vu cette part diminuer². Enfin, il est important de noter que ces trois groupes européens, caractérisés par leur intégration horizontale et verticale, se différencient à la fois des grandes firmes américaines spécialisées dans un secteur et des groupes industriels japonais fortement diversifiés; l'intervention sur plusieurs marchés, le développement de technologies dans différents domaines, l'interaction avec plusieurs types d'acteurs se traduisent par une logique d'innovation spécifique, basée notamment sur le développement de synergies entre les acteurs et entre les champs d'intervention.

¹ Philips, Siemens, AEG et GEC sont les seules entreprises non-américaines qui ont introduit les innovations réalisées dans le secteur de l'électronique dans les années 1950 et 1960 (Hall et Preston, 1988).

²Notamment CGE, GEC, Ericsson, Plessey, Olivetti et AEG- Telcfunken (Patel et Pavitt, 1991).

Deux technologies ont fait l'objet d'une analyse spécifique: les circuits intégrés à application spécifique (ASIC, Application Specific Integrated Circuits) et les écrans plats à cristaux liquides (LCD, Liquid Crystal Display). Ces deux technologies mettent en oeuvre des formes différentes d'organisation et de gestion du processus d'innovation. Le cas des ASIC a été choisi en raison, d'une part, de l'interaction particulière entre l'amont et l'aval du processus (les services de R-D de l'entreprise et le client) et, d'autre part, du fait de son caractère d'innovation incrémentale. Une des principales caractéristiques du processus de développement des ASIC est la relation relativement étroite établie avec le client. L'intervention de ce dernier varie au cours du processus de développement du circuit. Elle constitue l'élément central et structurant quant à la forme du processus d'innovation. La structure spatiale joue ici un rôle essentiel dans la gestion de cette relation et influence largement les performances de l'entreprise.

Les ASIC constituent également un exemple intéressant d'innovation incrémentale. Contrairement aux circuits standards dont les performances sont directement liées aux recherches fondamentales réalisées dans le domaine des semiconducteurs, le développement des ASIC ne suppose pas d'agir aux limites physiques de la science. Les innovations ne consistent pas seulement à augmenter la densité ou la performance d'un circuit, en utilisant les recherches de base effectuées dans les semiconducteurs, elles reposent également sur des progrès techniques qui restent bien en-deçà des frontières de la miniaturisation, tels que le développement des outils de conception assistée par ordinateur ou l'amélioration des procédures de test. Dans ce cas l'innovation a pour objectif d'assurer les performances demandées par le client et de réaliser la meilleure intégration possible du circuit dans le système pour lequel il a été développé. Ceci se traduit notamment par une baisse des délais de livraison et une amélioration du rapport qualité/coût. Il en découle la nécessité de mise en place d'une forme d'organisation dont la structure facilite le développement des compétences spécifiques permettant de comprendre, de formaliser et de satisfaire la demande des clients compte tenu des moyens scientifiques et techniques existants.

Le cas des écrans plats à cristaux liquides permet d'illustrer les questions qui se posent concernant l'organisation du processus d'innovation dans le cas d'une technologie dont le développement est à la fois poussé par l'enjeu commercial et retardé par des barrières

technologiques. Ce produit est actuellement fabriqué en série et commercialisé; il est utilisé dans le secteur informatique, (ordinateurs portables, en particulier), dans le secteur de l'électronique Grand Public, (montres digitales, calculatrices, téléviseurs de poche), dans le secteur médical et dans celui des équipements militaires. Mais le principal enjeu aujourd'hui est de conquérir le marché de la télévision à haute définition. Or, les technologies disponibles actuellement ne permettent pas de répondre aux besoins de la TVHD, car elles entraînent une diminution des performances (contraste et brillance) avec l'augmentation de la taille des écrans.

Le passage à la taille et aux performances requises par la TVHD suppose donc des recherches plus fondamentales; ainsi, dans les entreprises intéressées par ce marché, des programmes importants de recherche de base ont été mis en place. On assiste actuellement à une remontée vers l'amont du processus d'innovation qui se traduit par une organisation et une gestion de l'innovation permettant des échanges avec la recherche de base, parallèlement aux interactions entre le marketing, la production et la R-D.

Une autre caractéristique intéressante du développement des écrans plats à cristaux liquides concerne la forme de la coopération scientifique et technique. Le niveau particulièrement élevé des budgets de recherche et les risques qui en découlent, conduisent les entreprises à privilégier le déroulement de l'activité au sein de réseaux et donc à établir des collaborations en amont du processus industriel, mais dans un cadre qui reste fortement concurrentiel.

Plan

Nous avons placé la relation entre R-D et processus d'innovation technique au centre de l'analyse. Nous considérerons parallèlement sa forme structurelle et son fonctionnement spatial. Chaque étape du plan présentera l'étude de cette relation sous ces deux aspects.

La première partie présente un panorama de différentes approches du processus d'innovation. Deux grandes catégories seront distinguées: les approches économiques et socio-économiques et les analyses spatiales.

Dans la deuxième partie, après avoir présenté l'environnement externe et le contexte institutionnel dans lequel se situe la relation entre R-D et processus d'innovation, nous tenterons de comprendre le fonctionnement de cette relation à partir d'études de cas. La R-D sera étudiée tout d'abord en tant que fonction de l'entreprise puis en tant que composante du processus d'innovation. L'objectif est de mettre en évidence les tensions qui résultent de la mise en place d'une nouvelle organisation du processus d'innovation au sein de structures traditionnelles organisées par fonctions.

Dans la troisième partie, nous analyserons la façon dont ces tensions sont gérées dans l'entreprise et les moyens utilisés pour articuler les deux formes d'organisation. Le premier chapitre sera consacré à l'étude des nouvelles stratégies d'organisation de la recherche et de l'innovation dans les firmes. Dans le deuxième chapitre, nous examinerons les nouveaux modes de gestion mis en oeuvre pour intégrer la R-D dans le processus d'innovation. Nous étudierons tout d'abord les nouvelles formes de gestion des chercheurs et ingénieurs de développement ainsi que leur articulation avec la gestion globale des ressources humaines dans l'entreprise; nous analyserons ensuite la mise en place de la gestion par projet dans le domaine de la R-D. Nous considérerons enfin la place de la recherche de base dans le processus d'innovation technique.

PREMIERE PARTIE

L'INNOVATION TECHNIQUE : LES DIFFERENTES APPROCHES

Le thème de l'innovation technique, traditionnellement traité dans le cadre de la science économique, a fait l'objet dans les vingt dernières années d'analyses émanant de milieux divers socio-économiques, théoriciens de l'organisation et du management, représentants de l'industrie, théoriciens du développement territorial. L'élargissement des perspectives adoptées par les économistes s'est traduit par une plus grande attention portée à la description et à la compréhension des processus par lesquels les innovations sont créées, développées, diffusées et gérées.

L'objet de cette première partie est de faire un bilan des analyses dans lesquelles a été abordée la question de l'innovation technique et qui ont contribué à mettre en évidence les différentes dimensions du processus d'innovation. Il s'agit, sans prétendre à l'exhaustivité, de donner une vue d'ensemble et de décrire les grandes tendances de la réflexion menée sur ce sujet dans les dernières années afin d'essayer de comprendre comment est représentée l'innovation et quelles interrogations elle suscite.

Dans la première section, nous tenterons de donner un aperçu de la problématique générale qui se dégage des différentes approches économiques et socio-économiques du processus d'innovation technique. Les questions ont concerné tout d'abord l'origine des innovations, puis leur diffusion dans l'économie; les analyses ont progressivement pris

en compte différentes dimensions sociales, techniques, politiques et ont abordé la question de la création, du développement et de la sélection des innovations; enfin la gestion des processus d'innovation fait l'objet de nombreuses études actuelles. La deuxième section sera consacrée aux analyses spatiales du développement technique. Les études réalisées dans ce domaine, dont un des objectifs a été tout d'abord d'essayer d'apporter des réponses nouvelles au problème de la croissance régionale, ont proposé une analyse de la dimension territoriale du processus d'innovation. Les études plus récentes développées sur ce sujet s'intéressent moins aux facteurs de localisation et sont davantage orientées vers la compréhension des mécanismes qui agissent sur la forme spatiale du processus d'innovation.

SECTION I - LE PROCESSUS D'INNOVATION : LES APPROCHES ECONOMIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES

Un des principaux axes de réflexion sur le processus d'innovation pose la question de la source des innovations. Les analyses réalisées dans ce domaine ont conduit à l'élaboration de différents modèles qui donnent une représentation du processus d'innovation dans le temps, les deux grands modèles traditionnels de référence étant les modèles "technology push" et "demand pull". Un autre groupe de recherches s'intéresse plus particulièrement à la diffusion des innovations entre les entreprises et entre les secteurs et à leur propagation dans le tissu économique. Le développement des innovations a également été abordé sous la forme d'un processus de sélection le long de trajectoires technologiques ou d'un processus de création de technologie qui remettent en question le caractère exogène de l'innovation. L'introduction de facteurs externes pour expliquer le développement technologique a fait l'objet d'un autre type de recherches, privilégiant une approche en termes de réseaux socio-techniques ou de systèmes technologiques dans lesquels se déroule le processus d'innovation. Enfin, des études plus récentes considèrent l'innovation au niveau de la firme, dans le cadre de sa stratégie d'entreprise ou de la gestion du processus au sein de l'entreprise.

1 - L'origine des innovations: les modèles de base

a) Les modèles "technology push" et "demand pull"

Dans les modèles d'innovation "technology push", le rôle moteur est assuré par les avancées scientifiques et techniques. Les découvertes scientifiques fondamentales conduisent à des développements techniques industriels et se concrétisent sur le marché par un flux de produits et de processus nouveaux. Le marché dans ces modèles est un milieu passif; il reçoit et adopte les résultats des recherches scientifiques et techniques.

science
fondamentale

recherche appliquée
et développement

production

marketing

vente

Le modèle "technology push"

source: Rothwell et Zegveld, 1985

Les modèles "technology push" sont directement liés aux idées développées par Schumpeter. Les nouvelles techniques constituent le moteur de la croissance économique; leur introduction dans l'économie provoque l'apparition de nouveaux secteurs industriels et entraîne une croissance globale. Ce processus est d'abord destructeur dans la mesure où les innovations bouleversent les structures existantes. Puis, l'économie s'adapte aux nouvelles techniques plus performantes qui vont faire progresser l'ensemble du système. L'invention, qui constitue l'origine des innovations, a d'abord été considérée par Schumpeter comme un facteur totalement exogène au système économique, apparaissant de façon aléatoire; il a plus tard partiellement intégré la source des innovations au système économique en observant que, compte tenu du coût croissant des activités de recherche, celles-ci étaient de plus en plus réalisées au sein de grandes entreprises, dans le cadre de systèmes de recherche institutionnalisés.

Pendant et après la seconde guerre mondiale, la science a contribué de manière considérable au développement technologique. Ceci s'est traduit par une forte hausse des budgets de recherche après la guerre, basée sur l'idée selon laquelle la science fondamentale pouvait engendrer la croissance économique. Les politiques mises en oeuvre au cours de cette période s'appuyaient largement sur les modèles du type "technology push".

A la fin des années 1960, le ralentissement de la croissance économique a conduit à développer un nombre important d'études empiriques qui ont remis en cause le rôle prépondérant de la science dans l'évolution technique et la croissance économique. Parallèlement, le rôle des besoins des utilisateurs a été considéré comme un facteur déterminant de l'innovation, la R-D intervenant de façon secondaire en réaction à une sollicitation. La prise en compte de la demande exprimée par le marché et perçue par les entrepreneurs comme source d'innovation a conduit à l'adoption des modèles "demand

pull". Les origines de ce type de modèle sont attribuées à Schmookler qui a montré que l'augmentation des investissements n'est pas le résultat des découvertes scientifiques et que les vagues d'innovation répondent à un accroissement de la demande et non l'inverse. L'idée de base des modèles "demand pull" n'est pas de prendre en compte la demande comme le seul déterminant de l'innovation mais de rétablir un équilibre entre le flux exogène d'inventions considéré comme le seul moteur de l'investissement et de l'activité économique dans les modèles "technology push" et les besoins du marché. Schmookler utilise l'image des deux lames d'une paire de ciseaux pour rendre compte de l'interaction entre ces deux éléments.



Le modèle "demand pull"

source: Rothwell et Zegveld, 1985

Les études empiriques réalisées à la fin des années 1960 et au début des années 1970 avaient pour objectif de mieux comprendre comment le processus d'innovation était mis en oeuvre dans les entreprises et les secteurs industriels. Elles ont apporté une contribution importante à la compréhension du processus d'innovation, d'une part, en mettant en évidence la complexité du processus qui empêche de considérer un facteur quel qu'il soit comme le seul déterminant de l'innovation, et d'autre part, en remettant en question les théories économiques existantes dans ce domaine et en introduisant une approche plus qualitative.

Dans ces analyses, l'innovation a été définie soit comme le résultat d'une série d'événements (études Hindsight et Traces), soit comme un processus comprenant plusieurs étapes, à partir de la phase de R-D ou de la perception d'une demande jusqu'à la vente du produit sur le marché (Carter and Williams, Wealth from Knowledge). Certains auteurs, tels que Gibbons et Johnston, ont considéré l'innovation comme un processus dans lequel les inputs sont constitués par différentes sources d'information, dont ils tentent d'évaluer l'importance relative. Dans le projet Sappho, la comparaison entre les innovations réussies et celles qui ont échoué a permis d'isoler les facteurs de succès. Ces études ont souvent été critiquées pour leur hétérogénéité à la fois du point

de vue des méthodes utilisées et de l'objet de l'analyse qui rendent la synthèse difficile; elles ont toutefois certaines caractéristiques communes, notamment celle d'avoir mis en évidence le rôle de la demande dans le processus d'innovation.

Résumé des études sur l'innovation citées ci-dessus:

Hindsight

Analyse de la part relative de la science fondamentale, de la recherche appliquée et des évolutions techniques dans le développement de vingt systèmes d'armes. Etude financée par le "Department of Defence" (DoD) aux Etats-Unis. (Sherwin, Isenson, 1967).

Traces

Analyse de la part relative de la recherche, de la recherche orientée, du développement et des applications dans le développement de cinq innovations. Etude financée par la National Science Foundation (NSF). (Traces, 1968).

Projet Sappho

Analyse comparative de "paires" d'innovations qui ont réussi et qui ont échoué dans les secteurs de la chimie et de l'instrumentation scientifique. Quarante trois couples d'innovations, vingt deux dans le secteur de la chimie et vingt et un dans celui de l'instrumentation scientifique, ont été étudiés; l'échantillon est international. Etude plus particulière des facteurs d'échec à partir de trente quatre cas d'innovations non réussies. Le succès ou l'échec sont évalués à partir de critères commerciaux. (Rothwell et al., 1974).

Carter and Williams

Etude de deux cents entreprises en Grande Bretagne caractérisées par leur capacité à utiliser les progrès scientifiques et techniques. (1957).

Wealth from Knowledge

Etude de quatre vingt quatre innovations ayant obtenu le prix "Queen's Award" entre 1966 et 1967. Analyse des facteurs de succès et des facteurs de retard dans le processus d'innovation. (Langrish et al., 1972).

Gibbons Johnston Study

Analyse comparative de l'importance relative des différentes sources d'information, en particulier du rôle de la communauté scientifique, dans le processus d'innovation. (Gibbons, Johnston, 1974).

source: Rothwell, 1977; Coombs, Saviotti, Walsh, 1987_____

b) Les approches basées sur la structure du marché et la taille de la firme

Alors que les théories "technology push" et "demand pull" s'intéressent aux mécanismes internes du processus d'innovation, les approches basées sur la structure du marché et la taille de la firme considèrent la nature des organisations dans lesquelles les innovations apparaissent (Coombs, Saviotti, Walsh, 1987).

Les économistes classiques et néo-classiques considéraient le monopole comme une structure de marché peu propice à la croissance économique, dans la mesure où il conduit à une limitation de la production et à une augmentation des prix plus forte que sur un marché concurrentiel. Schumpeter a montré que ceci n'était vrai que dans le cas de concurrence par les prix. Le monopole constitue une structure de marché favorable à la croissance économique dans le cas de stratégies de concurrence basées sur le développement de produits nouveaux. En effet, seuls les profits réalisés dans les situations de monopole procurent les ressources nécessaires au développement de produits nouveaux. Ainsi, un marché concurrentiel conduit à une plus grande rentabilité des entreprises uniquement dans un environnement statique où les mêmes produits et services sont fournis à un coût décroissant. Or, selon Schumpeter, les firmes les plus performantes dans cet environnement statique sont incapables de dégager des profits suffisants pour développer des produits nouveaux. Les situations de monopole, en permettant la réalisation de profits importants, favorisent l'innovation et permettent la mise en oeuvre d'une dynamique de croissance. L'entreprise en situation de monopole est protégée et peut prendre le risque de développer des produits nouveaux; dans ce contexte elle tend à améliorer son niveau technique pour accroître son avantage concurrentiel.

Toutefois, les profits résultant des situations de monopole ne sont pas toujours investis dans l'innovation; en effet, les entreprises en situation de monopole peuvent maintenir leur position sans innover, simplement du fait de l'absence de concurrence. Ainsi, l'affirmation faite par Schumpeter concernant le rôle moteur des structures monopolistiques a été remise en cause, les situations d'oligopoles paraissant plus stimulantes.

Par ailleurs, le monopole peut limiter la diffusion et l'adoption des innovations. Les coûts d'imitation augmentant avec le temps, il devient de plus en plus difficile pour un autre entrepreneur d'adopter une innovation sur laquelle un monopole a été exercé pendant une certaine période. Les systèmes de protection des droits de propriété intellectuelle ont pour objectif d'assurer un équilibre entre les incitations à produire des innovations et celles qui favorisent leur adoption.

La taille des entreprises constitue un facteur déterminant pour l'innovation dans la mesure où l'augmentation continue du coût de l'innovation suppose des budgets de recherche de plus en plus élevés qui ne peuvent être mis en place que dans les grandes firmes. De même la possibilité de réalisation d'économies d'échelle dans le domaine de la R-D n'existe que dans les entreprises de grande taille; celles-ci fournissent l'environnement scientifique nécessaire et la masse critique suffisante pour exploiter les résultats obtenus par les chercheurs de l'entreprise.

Toutefois, l'hypothèse de Schumpeter selon laquelle seules les grandes firmes jouent un rôle moteur dans le développement technologique ne semble pas toujours vérifiée. Le manque de communication entre les individus, le faible intérêt des dirigeants pour les résultats obtenus dans les laboratoires conduisent souvent à un gaspillage des compétences et à une diminution de la motivation des chercheurs.

En réalité, dans la plupart des grandes entreprises, la taille ne constitue ni un facteur stimulant ni un obstacle à l'innovation. Les analyses théoriques et les études statistiques montrent que le critère de la taille intervient de façon plus indirecte. Notamment, l'efficacité de la recherche réalisée par une entreprise augmente en même temps que ses ventes et le regroupement de chercheurs et d'ingénieurs favorise le dynamisme technologique (Scherer, 1984).

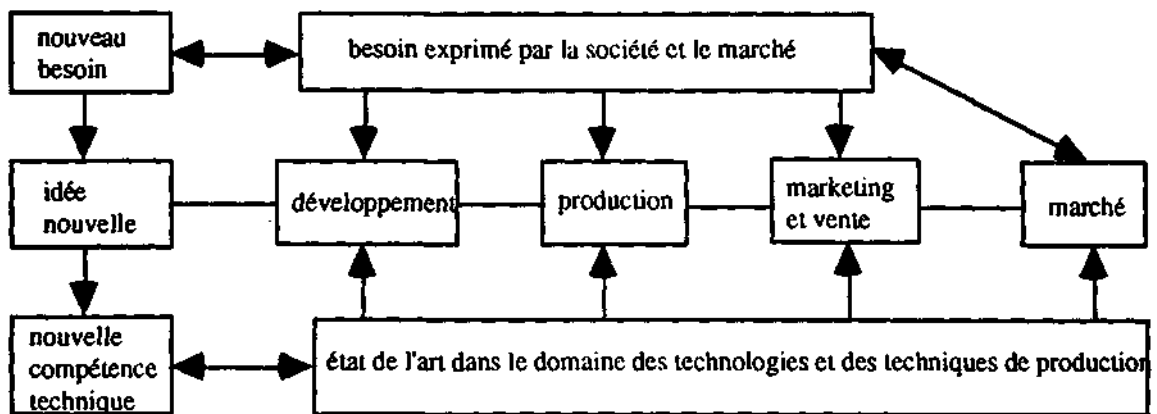
c) Les modèles d'interaction entre la science et le marché

Au cours des années 1970, les modèles "technology push" et "demand pull" ont été remis en cause et considérés comme trop simples et peu représentatifs du processus d'innovation qui, dans la réalité associe la science, la technique et le marché. Mowery et Rosenberg (1978) ont montré que non seulement les recherches scientifiques et

techniques et le marché sont des facteurs d'innovation importants, mais surtout que leur combinaison est essentielle pour assurer le succès des innovations. La représentation du processus d'innovation sous la forme d'un processus de "couplage" (coupling process) entre les activités scientifiques, le développement technique et les besoins des utilisateurs permet de réconcilier les idées de Schumpeter et celles de Schmookler.

Des études plus récentes réalisées notamment par le Science Policy Research Unit de l'Université du Sussex, ont montré que l'importance relative de la science et du marché varie fortement au cours de l'évolution d'un produit ou d'un processus. Ni la science, ni le marché n'ont une position dominante; cependant, on observe une tendance à la prédominance des facteurs techniques et scientifiques au cours des premières étapes du développement des produits et des processus nouveaux, puis une augmentation de l'importance du marché dans la phase de maturité. De même, la localisation des activités de R-D change au cours du processus; tout d'abord réalisées dans des laboratoires universitaires, la R-D est progressivement prise en charge par les laboratoires industriels. Ces tendances ont également été observées au niveau des secteurs industriels, notamment dans l'industrie des biotechnologies.

Afin de rendre compte de la complexité de l'interaction entre les compétences scientifiques et techniques et le marché, plusieurs modèles ont été développés. Le processus "interactif" proposé par Rothwell et Zegveld (1985) comprend une série d'étapes distinctes mais interdépendantes. Séquentiel mais pas nécessairement continu, il prend la forme d'un réseau complexe de relations au sein duquel des contacts sont établis, d'une part, entre les différentes fonctions de l'entreprise et, d'autre part, entre la firme, la communauté scientifique extérieure et le marché. Dans ce modèle, l'entreprise constitue le cadre général dans lequel se déroule le processus d'innovation; elle représente un lieu de croisement entre les différentes formes de compétences techniques et la demande des utilisateurs.

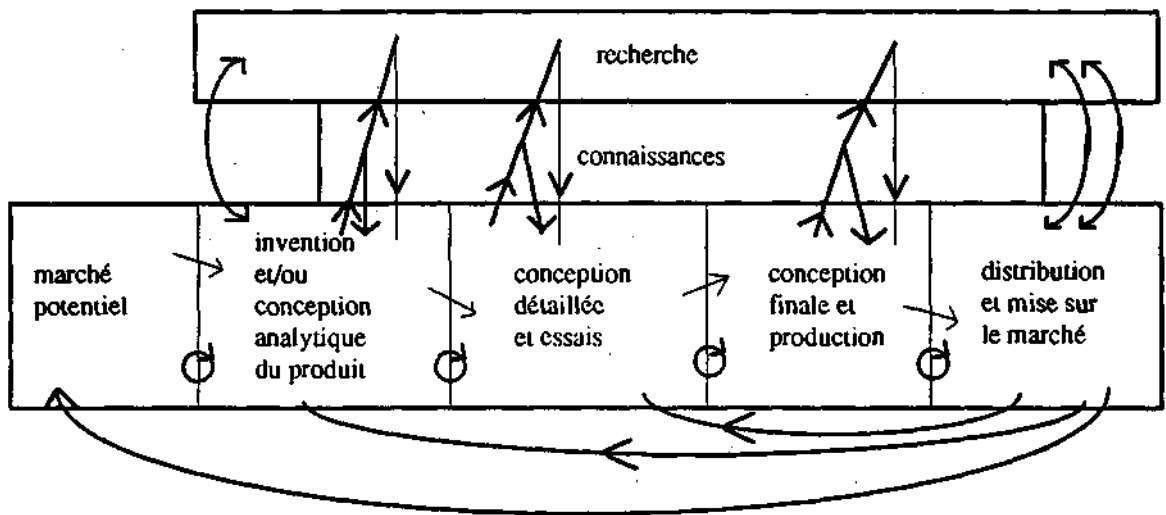


Le modèle interactif

source: Rothwell et Zegveld, 1985

Le modèle de liaison en chaîne (Kline et Rosenberg, 1986) tente plus particulièrement de représenter l'intégration verticale entre les phases de R-D, de production et de marketing. Il remet en question l'idée d'un sentier d'activité unique entre la R-D et le marché et définit cinq types de liaison entre les différentes activités du processus d'innovation. A côté de la chaîne centrale qui va de l'invention au marketing, on trouve des relations en retour, sous la forme de boucles courtes reliant chaque phase avec la précédente et de boucles longues entre les besoins des utilisateurs et les différentes phases amont du processus. Différents types de liens plus spécifiques assurent les contacts entre la science, l'invention et l'innovation; le lien entre la science et l'innovation permet l'utilisation des connaissances scientifiques pour le développement du produit et, inversement, l'augmentation des connaissances par l'expérience acquise au cours du développement. L'interaction entre la science et l'invention favorise la transformation des nouvelles avancées scientifiques en innovations radicales. Enfin, la liaison entre l'innovation et la science assure plus particulièrement l'utilisation par la recherche scientifique des nouveaux instruments et des nouvelles procédures.

Ce modèle a pour objectif de mettre l'accent sur les effets de l'imbrication entre les activités du processus d'innovation, consistant notamment en une plus grande rapidité de développement, un accroissement de la flexibilité et une meilleure circulation de l'information.



Le modèle de liaison en chaîne

source: Kline et Rosenberg, 1986

Les cinq générations de modèles d'innovation

Première génération

"Technology push": processus séquentiel linéaire; importance de la R-D; le marché est un milieu passif qui reçoit et adopte les résultats des recherches scientifiques et techniques.

Deuxième génération

"Need pull": processus séquentiel linéaire; importance du marché comme facteur d'orientation des recherches; la R-D intervient en réaction à une sollicitation.

Troisième génération

"Coupling model": processus séquentiel mais comprenant des feedbacks; combinaisons des modèles push/pull; équilibre entre le rôle de la R-D et celui du marché; importance de l'intégration des activités à l'interface entre la R-D et le marketing.

Quatrième génération

"Integrated model": développement parallèle des activités par des équipes regroupant différentes catégories d'acteurs; liens importants avec les fournisseurs; coopération étroite avec les utilisateurs; importance de l'intégration entre la R-D et la production; collaborations horizontales (joint ventures...).

Cinquième génération

"Systems integration and networking model" (SIN): développement parallèle totalement intégré des activités; utilisation d'outils informatiques (systèmes experts et modèles de simulation) dans la R-D; liens étroits avec les utilisateurs; rôle stratégique de l'intégration avec les fournisseurs pour le développement de nouveaux produits et outils; relations horizontales (joint ventures, formes coopératives de recherche, structures communes de marketing...); importance de la flexibilité et des délais de développement; importance de la qualité et des facteurs autres que les prix.

source: Rothwell, 1990

2 - La diffusion des innovations

La diffusion des innovations a fait l'objet de nombreuses études au cours des vingt dernières années; l'objectif de ces travaux est d'analyser le processus selon lequel une technologie nouvelle, représentée par un produit ou un processus nouveau, est transférée de son environnement d'origine vers un milieu différent (Staudenmaier, 1985). Les études considérées ici, concernent la diffusion des innovations, c'est-à-dire la propagation et l'adoption d'une innovation à l'intérieur du milieu dans lequel elle a été mise au point. La diffusion des innovations se distingue du transfert de technologie, qui concerne au moins deux cultures différentes: celle au sein de laquelle sont développées les technologies nouvelles et celles à qui sont transmises ces innovations. Le transfert de technologie a souvent un aspect international: il a lieu d'un pays à un autre.

Le domaine de recherche relatif à la diffusion des innovations a été délimité à la fois par des études empiriques et par des analyses plus théoriques.

a) Les études empiriques et la mise au point d'un modèle de diffusion

Edwin Mansfield, un des principaux chercheurs dans ce domaine, a réalisé de nombreuses études de cas, dans différents secteurs et entreprises, à partir desquelles il a développé des analyses économétriques (Mansfield, 1986). Romeo et Griliches aux Etats-Unis et Davies, Nasbeth et Ray, en Grande-Bretagne, ont effectué le même type de recherches. Le principal objectif de ces travaux est d'identifier les caractéristiques communes et les déterminants des différents processus de diffusion; les prévisions de rentabilité de l'innovation et l'accès à l'information relative à une innovation font l'objet d'une attention particulière.

La décision d'adoption dépend du profit qu'une entreprise espère retirer d'une innovation, mais également de critères tels que la taille de l'investissement nécessaire à l'introduction de l'innovation, le nombre d'entreprises dans le secteur concerné, leur taille moyenne et la disparité des tailles, le montant des dépenses de R-D de l'entreprise. La vitesse de diffusion des innovations a également fait l'objet d'études spécifiques; le temps de diffusion, défini comme le délai écoulé entre la première application

commerciale d'une technologie et son adoption par un large éventail d'entreprises, est très long en ce qui concerne les innovations majeures (entre dix et vingt ans dans la plupart des cas). De manière générale, ce délai a tendance à diminuer; il reste toutefois très variable selon les firmes. Les grandes entreprises adoptent une nouvelle technologie plus rapidement que les petites; de même celles qui attendent un retour d'investissement élevé ainsi que celles dont les dirigeants sont plus jeunes et d'un niveau de formation scientifique plus élevé, sont parmi les premières à adopter une innovation. On observe par ailleurs une différence entre les entreprises dans la rapidité de substitution des nouvelles techniques aux anciennes: les dernières utilisatrices d'une innovation réalisent le processus de substitution plus rapidement que les premières.

Ce thème de recherche relève non seulement de l'économie mais également de la sociologie. Dans ce domaine les chercheurs ont étudié plus particulièrement la nature et les sources d'information des responsables d'entreprises qui adoptent des techniques nouvelles. Une certaine dynamique peut être mise en évidence dans ce domaine: la prise de conscience de l'existence d'une nouvelle technique se fait le plus souvent par l'intermédiaire des mass media; la principale source d'information du dirigeant de l'entreprise devient ensuite, juste avant la prise de décision, son réseau de relations personnelles. Les premiers utilisateurs obtiennent leurs informations à l'extérieur du groupe des pairs; lorsqu'ils ont acquis une expérience dans l'utilisation d'une nouvelle technique, ils constituent une source d'information et un modèle pour les moins experts.

D'autres facteurs du taux de diffusion des innovations ont été pris en compte dans les différentes études effectuées, tels que les goulots d'étranglement dans la production d'un nouveau produit. Le processus de diffusion peut également être ralenti par des facteurs culturels, notamment la nécessité d'acquisition de connaissances nouvelles ou de changement de comportement de la part des utilisateurs.

Un modèle de diffusion a été mis au point à partir de ces différentes études empiriques. Dans ce modèle, la propagation des innovations au sein de l'économie prend la forme d'un processus d'ajustement dont l'un des principaux objectifs est le retour à l'équilibre.

b) Les approches théoriques

Plus récemment, une conception plus dynamique du processus de diffusion des nouvelles technologies a été développée (David, 1986). L'idée de base est qu'une innovation apparaît dans un secteur et sous une forme telle qu'elle ne peut être utilisée que par les entreprises de ce secteur dans un premier temps; progressivement, elle est modifiée et adaptée à de nouvelles applications. A partir de cette nouvelle conception de la diffusion des innovations, différents modèles ont été conçus, basés sur deux principes fondamentaux (David, Olsen, Davies, Stoneman): un équilibre peut être atteint au sein de l'économie sans que le processus de diffusion soit complètement réalisé; il en résulte une nécessité d'orientation des recherches actuelles vers l'étude des différentes forces qui conduisent à un tel équilibre instable. Ces forces sont exercées à la fois du côté de la demande d'adoption d'une innovation par les industriels et du côté de l'offre de nouvelles technologies.

La demande de nouvelles technologies de la part des industriels n'est pas instantanée; elle est, d'autre part, répartie de façon très inégale sur le territoire. De nombreux facteurs d'hétérogénéité peuvent être mis en évidence au sein de la population d'utilisateurs potentiels et expliquent les variations de la demande d'innovations: les coûts de transport, les frais financiers, les taux de salaire et la nature des relations établies avec le personnel, le coût des matières premières varient fortement selon les entreprises et les secteurs. Plus particulièrement, la décision d'adoption d'une nouvelle technologie est liée, d'une part, à la possibilité de maintenir un certain niveau de production pendant la phase de transition et de remplacement du capital fixe, et d'autre part, aux profits réalisés avec les anciennes techniques. Ces deux observations expliquent notamment la lenteur du processus de diffusion et l'adoption partielle des nouvelles technologies par les firmes. Le manque d'informations et leur inégale accessibilité renforcent les écarts observés dans la propagation des innovations et contribue à créer un équilibre instable.

Les différentes caractéristiques de l'offre de nouvelles technologies jouent un rôle particulièrement impondant dans le processus de diffusion. L'accès à l'innovation varie en fonction de trois catégories de coûts: les coûts d'information relatifs à l'introduction des nouvelles techniques, les coûts d'acquisition et de mise en oeuvre des équipements

nécessaires, les coûts des services et des produits complémentaires. L'existence d'activités de R-D dans les entreprises tend à faciliter l'introduction de technologies nouvelles en réduisant notamment les coûts d'information et de mise en oeuvre des équipements.

Ces différents types de coûts ont une caractéristique commune importante du point de vue de la dynamique de diffusion d'une nouvelle technologie: ils ont tendance à diminuer quand son utilisation augmente. Une analyse plus approfondie de ce phénomène met en évidence certains mécanismes importants du processus de diffusion. Tout d'abord, la baisse des coûts résulte non seulement de l'augmentation du nombre d'utilisateurs, mais également de l'accroissement des transferts d'information qui ont lieu du fait de la mobilité croissante des chercheurs et des ingénieurs. Ce phénomène accroît la dissémination de l'information au sein de l'industrie et réduit les coûts d'adoption d'une innovation. Il a également pour effet d'accroître la vitesse de diffusion (Saxonhouse, Okimoto, Cohen). La diminution progressive des coûts est également liée à l'évolution des technologies; celles-ci ne sont pas complètement définies avant leur diffusion, les améliorations successives reposent sur la mise en oeuvre d'un processus d'apprentissage ("learning by using") analysé par Rosenberg. Ce processus d'amélioration équivaut à une réduction relative des coûts, ceux-ci restant constants alors que les performances techniques des nouveaux produits augmentent. Enfin, la réduction des coûts d'adoption d'une innovation au cours du processus de diffusion est mise en évidence en particulier lorsqu'il s'agit de technologies de réseaux (nouveaux moyens de télécommunication par exemple): elle est directement liée à l'extension des réseaux et à la multiplication des utilisateurs. Le problème, cependant, est d'assurer la compatibilité et la standardisation des équipements.

Développer une conception plus dynamique de la diffusion de l'innovation fait apparaître un autre type de questions; le processus d'adaptation entre les performances d'une nouvelle technologie et les différents secteurs dans lesquels elle est utilisée tend à orienter le développement technologique dans une certaine direction et à fermer les autres voies possibles d'évolution (Arthur). Ainsi, la baisse progressive des coûts relatifs à l'offre de nouvelles techniques met en oeuvre des forces qui conduisent à la définition de certains "standards" (David). Se pose alors la question de savoir quel type de technologie sera dessiné par ce processus.

3 - La création et le développement des nouvelles technologies

Le processus d'innovation a été analysé par différents chercheurs comme un processus par lequel une nouvelle technologie est développée ou créée. Dans ces études, l'accent est mis sur le processus de changement c'est-à-dire sur la succession d'opérations qui aboutissent à la constitution d'une nouvelle technologie; ce type d'approche est au cœur de la théorie évolutionniste (Nelson, Winter, Dosi). L'évolution et la transformation d'une technologie fait l'objet d'une autre approche développée par J.L. Gaffard, dans laquelle le processus d'innovation est vu non seulement comme un enchaînement d'activités par lequel une technologie est progressivement développée mais également comme le processus à travers lequel elle est créée. Alors qu'elle reste en partie "exogène" dans l'approche évolutionniste, l'origine de l'innovation est intégrée dans le modèle proposé par J.L. Gaffard.

a) L'approche évolutionniste: les trajectoires technologiques

L'analyse évolutionniste se distingue de l'étude du processus d'innovation comme processus de diffusion par certaines idées fondamentales: tout d'abord, elle porte une attention particulière au processus par lequel le changement s'opère plutôt qu'au résultat du changement; ensuite, dans cette approche, la technologie n'est pas entièrement déterminée lors de son apparition et elle se développe dans un environnement spécifique qui participe à l'évolution des innovations et en subit les effets. Il est important de noter que ces thèmes font l'objet actuellement d'une nouvelle orientation des recherches sur la diffusion des innovations, celles-ci prenant de plus en plus en considération les transformations d'une technologie au cours du processus de propagation.

L'approche évolutionniste se caractérise par la remise en cause de certains principes de base de la théorie néo-classique du changement technique. Ce courant "néo-schumpétérien" rejette notamment l'hypothèse de rationalité parfaite des entreprises et le comportement de maximisation économique qui en découle. L'idée d'un choix délibéré effectué par les firmes à partir d'un ensemble vaste et déterminé de possibilités de

production est inadapté à la réalité (Nelson et Winter). Les entreprises semblent plutôt caractérisées par un ensemble de "routines" enracinées dans les méthodes et les pratiques mises en oeuvre autant pour réaliser les opérations d'exploitation courante que pour effectuer les choix d'évolution. En fait la plupart des "choix" identifiés comme tels par les néo-classiques sont le résultat de telles procédures routinières. Cet ensemble de routines constitue le "patrimoine génétique" de l'entreprise, l'environnement et notamment la concurrence exerçant différentes pressions et contraintes qui impliquent peu à peu une évolution du patrimoine.

Dans ce contexte, l'innovation est considérée comme un mécanisme analogue à la mutation génétique suivie d'un processus de sélection. Ceci implique qu'elle se déroule dans un cadre et selon un modèle déterminés; toutefois cette routinisation ne signifie pas qu'il soit possible d'établir des prévisions sur les résultats. Les différents types de pratiques et de méthodes utilisés par les entreprises ne conduisent pas toujours à de simples modifications du système; elles peuvent également provoquer la transformation radicale des pratiques et l'introduction d'un nouveau système. Dans le modèle décrit par Nelson et Winter, le développement technologique est guidé, notamment par les connaissances et les comportements des ingénieurs et des scientifiques qui orientent les recherches. Ainsi apparaît l'existence de "régimes" (Nelson et Winter) ou de "paradigmes" technologiques (Dosi). Des concepts analogues ont été développés par différents chercheurs, tels que celui de "style technologique" (Hughes), de "tradition technologique" (Constant et Laudan), de "nouveau système technologique" (Freeman), ou encore de "guide-post" (Sahal). Ces régimes technologiques, en interaction permanente avec l'environnement, donnent lieu au développement de trajectoires technologiques.

Une des principales caractéristiques des modèles développés par ces différents auteurs est de prendre en compte, dans le déroulement du processus de recherche, l'interaction avec l'environnement et plus particulièrement avec les facteurs de sélection qui interviennent dans cet environnement. Les observations ont montré que le déroulement des processus de recherche ne suit pas toujours le modèle d'évolution dominant; c'est le cas notamment lorsqu'apparaît un "goulot d'étranglement" dans le développement d'un système, qui implique la mise en oeuvre de recherches dans différentes directions. On assiste également à l'apparition de trajectoires générales c'est-à-dire de processus de

recherche développés dans le cadre de plusieurs technologies, selon des lignes directrices non spécifiques à un paradigme (par exemple, le développement de la mécanisation). Pour expliquer de telles situations, Dosi établit une analogie avec les paradigmes de Kuhn: un paradigme technologique est la combinaison entre un objet ou un système technologique et "la matrice culturelle" des ingénieurs et des différents acteurs qui interviennent dans le processus de développement d'une technologie. L'articulation de ce paradigme avec les facteurs de sélection qui existent dans l'environnement, conduit à l'apparition d'une trajectoire technologique.

Deux questions importantes ont été posées par A. Rip et H. Van Den Belt (1987) concernant les modèles développés par Nelson, Winter et Dosi. La première est relative aux conditions d'émergence d'un régime ou d'un paradigme technologique. Dosi explique cette émergence par la sélection exercée sur les différentes orientations technologiques qui sont proposées par la science. Pour Nelson et Winter, une sélection ne peut s'opérer que sur des réalisations effectives et non sur des possibilités; ils considèrent plutôt l'apparition d'une technologie comme le résultat de la combinaison et de la synthèse de plusieurs axes de recherche.

Le deuxième problème concerne l'hypothèse de l'existence d'un dispositif sélectif indépendant du régime ou du paradigme technologique. Or, on observe dans la réalité certaines influences exercées entre le développement des innovations et leur environnement. Ainsi, différents types de dispositifs peuvent être mis en place pour protéger le développement d'une technologie et constituer des "niches"; de même le comportement des utilisateurs d'une nouvelle technique, souvent influencé par des actions de publicité notamment, ne joue pas véritablement un rôle objectif de sélection.

Ainsi, la théorie évolutionniste considère le processus d'innovation comme un processus par lequel un potentiel technologique est exploité et à partir duquel plusieurs voies ou trajectoires peuvent être suivies pour mettre au point une nouvelle technologie. Un des principaux apports de cette théorie réside dans la tentative d'endogénéisation du changement technique et dans la prise en compte de différents facteurs, non seulement techniques et scientifiques mais également économiques et sociaux, qui remet en cause l'idée d'un progrès technique autonome.

b) Le processus de création de technologie

Un des principaux objectifs de l'approche développée par J.L. Gaffard est d'analyser le changement qualitatif qui est au cœur du processus d'innovation. Dans la théorie évolutionniste, les nouvelles technologies sont développées à partir d'impulsions initiales et à ce titre restent en partie exogènes au processus d'innovation: "le changement qualitatif a lieu à l'extérieur du processus d'innovation et avant lui, au moment de l'impulsion initiale ou de la détermination de la technologie à son origine ou de l'émergence d'un nouveau paradigme qui va permettre d'amorcer le processus d'innovation" (Gaffard, 1990).

Le modèle de création de technologie prend en compte le changement qualitatif en considérant l'émergence d'une nouvelle technologie comme le résultat de la capacité d'un environnement donné à faire apparaître les problèmes et les solutions qui la font naître. Il en découle une liaison étroite entre le développement d'une technologie et son environnement, et plus particulièrement entre cette technologie et les "ressources spécifiques" qui existent dans cet environnement. Ces ressources sont essentiellement des ressources humaines, leur spécificité étant acquise à travers leur intégration et leur participation à l'histoire de leur milieu. Les hommes deviennent les "dépositaires de l'histoire de leur milieu" (Gaffard).

Des décisions d'exploration de nouvelles voies scientifiques et technologiques font naître différents processus de recherche. Ceux-ci se traduisent par la mise en oeuvre d'activités qui permettent non seulement de répondre aux problèmes posés, mais également d'acquérir une expérience et de développer des qualités particulières. Les compétences acquises sont appliquées aux nouveaux problèmes posés par l'environnement et donnent lieu à l'apparition de nouvelles pratiques et connaissances. Ce processus prend la forme d'un processus d'apprentissage par lequel les ressources spécifiques d'un milieu sont augmentées, permettant la mise en oeuvre d'une activité productive et créatrice qui aboutit à l'apparition d'une nouvelle technologie. Il repose sur une dynamique d'interaction entre différents interlocuteurs: d'une part, entre les utilisateurs et les producteurs de la technologie, et d'autre part, entre les différents types d'activités qui sont mis en oeuvre dans les firmes, notamment la R-D, la production, le marketing et la vente.

Un des principaux éléments de différence entre cette approche et l'analyse évolutionniste réside dans le mode opératoire du processus d'évolution de la technologie. Dans les deux approches ce processus est séquentiel. Toutefois, dans le déroulement d'une trajectoire technologique, le processus de sélection qui élimine progressivement les différentes alternatives qui apparaissent, réduit les voies de développement possibles et en privilégie une, est un processus quantitatif; au contraire, le processus de création de technologie réalise un changement qualitatif par la mise en oeuvre d'un processus d'accroissement des compétences technologiques d'un milieu. Dans ce cas, d'une part, il n'y a pas diminution des options mais augmentation des choix possibles, et d'autre part, la notion de rendements décroissants, tels qu'ils apparaissent à la fin d'une trajectoire, disparaît.

4 - Le développement des innovations au sein des réseaux socio-techniques

Différents types d'approches développées récemment tentent d'analyser le développement des innovations à travers la mise en oeuvre d'interactions au sein de systèmes ou de réseaux plus ou moins complexes.

Pour certains auteurs tels que W.E. Bijker (1987), cette nouvelle façon d'analyser l'innovation technologique est liée au développement des industries électriques, électroniques et chimiques dont les produits sont conçus en termes de circuits, systèmes ou réseaux, contrairement aux industries mécaniques qui raisonnent plutôt en termes de schémas linéaires. Un des principes de base de ces différentes approches consiste à prendre en compte l'ensemble des composantes techniques, organisationnelles, économiques et sociales qui interagissent dans le développement d'une technologie. Ces analyses utilisent la notion de réseau ou de système, afin d'expliquer les phénomènes d'imbrication qui apparaissent entre les différentes catégories d'intervenants et qui remettent en cause les séparations trop nettes qui ont été établies.

a) La théorie de la construction sociale

Cette théorie a été développée par T.J. Pinch et W.E. Bijker, à partir de l'idée selon laquelle une technologie, son contenu et son utilisation, peuvent faire l'objet de différentes interprétations de la part des groupes sociaux qui la développent et qui l'utilisent. Cette "flexibilité d'interprétation" permet de mieux comprendre les processus de négociation et d'ajustement qui interviennent dans la définition d'une technologie. L'idée de base est que, par leur intervention, les groupes sociaux non seulement délimitent une orientation technologique mais surtout que les significations qu'ils attribuent à une technologie en cours de développement contribuent à lui donner son contenu (A. Rip et H. Van Den Belt¹). Ainsi, dans les cas où il n'apparaît pas de consensus, plusieurs variantes d'un produit sont développées. Une illustration est fournie à partir d'une étude du développement de la bicyclette et montre comment une telle situation a conduit à la mise au point de deux modèles (T.J. Pinch and W.E. Bijker²).

Le concept de "cadre technologique", au coeur de cette approche, constitue un des principaux éléments de différenciation par rapport à l'analyse évolutionniste. Tout d'abord, il ne définit pas uniquement le cadre dans lequel agissent les scientifiques et les ingénieurs, il s'applique également à tous les groupes sociaux. Ensuite il est constitué par les interactions entre les différents acteurs, il ne caractérise donc pas un système ou des institutions: il se situe "entre" et non pas "au-dessus" ou "à l'intérieur" des organisations. Ces interactions occupent une place centrale au sein du cadre technologique: d'une part, elles en provoquent l'émergence et la disparition, et d'autre part, elles sont structurées par celui-ci.

La deuxième différence par rapport à l'approche évolutionniste est liée à la notion d'"inclusion". L'influence réciproque entre une technologie et son environnement est limitée par les différents degrés d'"inclusion" des acteurs dans les cadres technologiques. L'inclusion se définit tout d'abord par son aspect multidimensionnel: un

¹in Bijker, Hughes, and Pinch, 1987.

²Trevor J. Pinch and Wicbe E. Bijker, The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. In Bijker, Hughes, and Pinch, 1987.

acteur peut être inclus dans un cadre technologique selon plusieurs critères (partage des objectifs, coordination des stratégies, résolution des problèmes, compétences scientifiques et techniques). Il existe également différents degrés d'inclusion: un acteur peut être plus ou moins impliqué, ce niveau d'inclusion pouvant varier au cours du développement d'une technologie. Enfin, chaque acteur peut appartenir à plusieurs cadres technologiques. Une telle possibilité permet d'expliquer les différentes interprétations et significations données par chaque groupe social à une technologie.

b) Les réseaux d'acteurs technico-économiques

La construction sociale des innovations est abordée de façon particulière dans l'approche développée par M. Callón. Dans ce modèle, non seulement la forme des innovations mais également le rôle et la place des "acteurs" se définissent au sein de réseaux, au fur et à mesure du déroulement d'un processus de négociation entre ces acteurs. Une telle conception conduit à rejeter les distinctions établies a priori entre les différentes catégories d'acteurs, le statut et le rôle de ces derniers pouvant varier au cours du processus de développement des innovations.

Les acteurs des réseaux sont définis comme des entités hétérogènes constituant une catégorie abstraite qui, chez Callón va jusqu'à inclure à la fois des "électrons, des utilisateurs, des catalyseurs, des chercheurs, des producteurs ou des services ministériels" (Bijker, Hughes and Pinch, 1987, Introduction). La cohérence du système est créée par les relations qui s'établissent entre ces différents acteurs au sein des réseaux. Un tel système de relations, d'une part, constitue un support pour le développement d'une innovation et en même temps contribue à lui donner sa forme. Dans une étude relative au développement du véhicule électrique, M. Callón montre comment EDF a organisé un système de relations au sein duquel la définition des positions relatives et des rôles des acteurs amène cet ensemble constitué en réseau à concevoir une telle innovation, qui devient elle-même une extension du réseau.

Dans une telle conception du développement technologique, le processus d'innovation ne peut plus être divisé en différents types d'activités techniques, scientifiques, économiques et commerciales, ni conçu en termes de succession de plusieurs phases. Cette approche remet en question notamment l'idée selon laquelle les problèmes

soulevés au cours des premières étapes du processus d'innovation sont essentiellement techniques, les questions économiques, sociales et politiques n'apparaissant que dans les dernières phases. En réalité, l'hétérogénéité et la complexité, dont l'existence à la fin du processus est largement reconnue, ne sont pas progressivement introduites, elles sont présentes dès le début du processus.

Dans de tels réseaux hétérogènes, un des principaux problèmes qui se pose est de concilier les rôles des différents acteurs, d'établir une véritable interaction entre eux et non pas une simple juxtaposition. Pour pouvoir jouer pleinement leur rôle au sein du réseau, les acteurs doivent être "définis" par rapport à ce réseau, leurs attributions doivent être précisées de façon à établir une harmonie avec les caractéristiques et les missions des autres acteurs. Ce processus est réalisé par les opérations de "traduction". Cette notion introduite par M. Callón identifie le mécanisme par lequel s'établit une relation entre deux acteurs, non seulement dans le but de mettre en place un échange entre eux mais également afin de procéder à la définition des positions et des rôles relatifs de chacun dans le réseau.

c) Les systèmes technologiques

La notion de systèmes technologiques prend une signification précise dans l'approche proposée par T. Hughes. Les systèmes sont créés dans le but de résoudre des problèmes posés à un moment donné et ils résultent de la capacité des acteurs à faire apparaître une unité et une cohérence à partir d'un monde composé d'éléments nombreux et hétérogènes.

Cette approche établit une certaine distinction entre les différentes catégories d'éléments qui composent un système technologique: les hommes qui interviennent dans la construction du système (scientifiques, industriels, banquiers...) sont différenciés des objets par leur "degré de liberté" et leur marge d'action sur l'évolution du système. Ce degré de liberté dépend de la maturité, de la taille ou de l'autonomie du système. Ainsi, les grands systèmes technologiques possèdent une dynamique propre ("momentum") qui tend à réduire la marge d'action des individus. Cette dynamique est entretenue par les différents individus et groupes qui ont réalisé des investissements

dans ces systèmes et qui ont désormais des intérêts à défendre, ce qui se traduit par un renforcement des nouvelles décisions par les précédentes.

Il n'existe pas dans cette approche, de véritable déterminisme technologique; différents facteurs sociaux sont introduits, qui peuvent influencer sur cette dynamique et modifier la direction dans laquelle une technologie évolue. Toutefois, dans la mesure où la réalisation d'une telle mutation reste difficile, T. Hughes accepte l'idée d'un "léger" déterminisme exercé par les grands systèmes technologiques sur les autres systèmes et sur les individus.

Au fur et à mesure de leur évolution, les systèmes technologiques acquièrent non seulement une dynamique propre mais également un "style". La notion de style est étroitement liée à celle de transfert de technologie. Cette phase du processus d'innovation, qui intervient après celles d'invention, de développement et d'innovation, se caractérise par l'adaptation à plusieurs environnements, d'une technologie dont toutes les caractéristiques ne sont pas entièrement déterminées. A travers ce processus d'adaptation, la technologie est modelée et modifiée par les facteurs sociaux qui agissent dans les différents milieux d'accueil, définissant progressivement un style spécifique. L'émergence et la constitution du style d'une technologie se traduit notamment par l'apparition de plusieurs formes et variantes de cette technologie.

Dans les phases de croissance, de concurrence et de consolidation, différents types de problèmes apparaissent. T. Hughes utilise la notion de phénomène de retard ("reverse salient") pour caractériser certains problèmes qui constituent un obstacle fondamental à l'évolution des systèmes. De tels problèmes sont généralement résolus par la mise au point d'innovations mineures alors que les innovations radicales donnent naissance à de nouveaux systèmes. De tels phénomènes apparaissent lorsque certains éléments du système ne fonctionnent plus ou ne sont plus en harmonie avec les autres. Cette notion, moins rigide que celle de goulot d'étranglement, permet de rendre compte des changements complexes et imprévisibles qui suivent l'émergence de ce type de problèmes; par exemple, l'introduction d'un nouveau générateur dans un système électrique implique une adaptation des différentes caractéristiques du moteur; avant la réalisation des améliorations nécessaires, celui-ci reste un "point critique" du système. La nécessité d'innovations de gestion et d'organisation au sein d'une structure peut

également constituer un point critique pour l'évolution d'un système. Lorsqu'un tel problème ne peut pas être résolu dans le cadre du système existant, il devient fondamental et les obstacles rencontrés ne peuvent être surmontés que par la mise en oeuvre d'un nouveau système plus performant.

La notion de grand système technologique développée par T. Hughes est comparable à celle de système technique définie par B. Gille. Ces deux approches ont en commun, en particulier, la prise en compte de la complexité de l'environnement.

d) L'équilibre des forces techniques et sociales

Dans son analyse du progrès technologique, R. Hirsh introduit différents types de facteurs sociaux, politiques et historiques dans le but de mieux comprendre les limites du développement technologique. Un des objectifs de cette approche est de montrer que la phase dite de maturité dans le développement d'une technologie correspond en fait à un équilibre entre différentes forces techniques et sociales; cet équilibre peut être remis en cause, sa rupture pouvant entraîner un redémarrage technologique. Pour expliquer cette situation, il introduit la notion de "technological stasis", définie comme une étape du développement technologique au cours de laquelle apparaissent certaines limites qui bloquent le processus de développement technique.

Les obstacles traditionnellement pris en compte, à cette étape du développement d'une technologie, sont essentiellement de nature économique: une situation de surproduction dans un secteur industriel ou une baisse de prix importante sur un produit justifient de ne pas financer des activités de recherche et développement relatives à l'amélioration des processus de production du secteur ou du produit concernés. Mais les limites peuvent également être sociales ou politiques: l'action gouvernementale et réglementaire joue un rôle clé dans certains secteurs industriels sur les décisions de poursuite ou d'abandon des recherches. Une des particularités de cette approche est de considérer également comme obstacle au développement technologique, le rôle des responsables industriels dont le pouvoir de décision influe largement sur l'apparition et le cycle de vie des innovations. Actuellement, les stratégies industrielles qui consistent à réduire la durée du cycle R-D/production/commercialisation des produits, conduisent à diminuer notamment le temps de R-D et prennent le risque d'introduire sur le marché un

produit dont les niveaux de qualité et de fiabilité sont insuffisants. L'échec qui en résulte est considéré le plus souvent comme la fin du cycle de développement d'une technologie.

La phase de stagnation technologique apparaît comme le résultat de l'interaction entre différentes forces et se caractérise par l'existence d'un équilibre entre ces forces. Toutefois cet équilibre est instable et plusieurs types d'événements, en affaiblissant ou en augmentant l'action de certaines forces, peuvent le rompre. Cette phase de l'évolution technologique apparaît alors comme une "condition dynamique" pour la poursuite du cycle technologique en cours ou pour le démarrage d'un nouveau cycle.

L'idée de base de cette approche est d'abandonner l'analogie entre l'évolution du produit et le cycle biologique; en effet, cette représentation limite les possibilités de développement du produit à partir de la phase de maturité qui, dans le cycle biologique, n'a pas d'issue possible autre que le déclin et la fin de la vie du produit.

5 - Le processus d'innovation et la gestion de l'entreprise

Le ralentissement de la productivité dans les économies occidentales a suscité un autre type de recherches. Les modèles de comportement des entreprises développés par les économistes schumpétériens jouent un rôle essentiel dans l'analyse globale des marchés et des industries mais représentent mal ce qui se passe à l'intérieur de la firme. L'approche du management technologique a pour objectif de développer un cadre d'analyse de la productivité et de l'innovation dans l'entreprise, permettant de comprendre comment se produit le changement technologique à l'intérieur de la firme.

Dans ce cadre d'analyse, chaque firme est située dans un environnement spécifique et est confrontée à des contraintes et à des opportunités sur lesquelles elle possède peu d'informations. Dans ce contexte, une des principales fonctions des responsables d'entreprise est d'essayer de réduire le niveau d'incertitude auquel ils ont à faire face. Par ailleurs, l'environnement de l'entreprise est caractérisé par un changement continu qui suppose une adaptation permanente. L'accès aux ressources constitue un facteur déterminant et souvent difficile à maîtriser dans la mesure où certaines compétences ne peuvent être acquises que par l'expérience et l'apprentissage internes. Ainsi, la tâche du responsable d'entreprise consiste à créer des compétences spécifiques, dans un

environnement qui ne lui fournit que des informations partielles sur les possibilités d'action.

Une des idées de base de cette approche est que dans toutes ses activités, l'entreprise est située face à un dilemme entre productivité et innovation. Ce dilemme, mis en évidence par W. Abernathy, est présent notamment dans les questions de stratégie (faut-il investir en recherche ou en développement, sur les innovations de produits ou sur les innovations de processus), d'organisation du processus d'innovation (organisation séquentielle ou parallèle, centralisée ou décentralisée), de gestion des ressources humaines (doit-on favoriser la créativité individuelle ou le travail en groupe). Ainsi, les responsables d'entreprises sont non seulement confrontés à un choix entre rentabilité et créativité mais ils ont également à mettre en oeuvre les moyens de développer les deux simultanément.

a) La gestion de l'innovation à long terme

Les entreprises ont actuellement très peu de moyens et d'informations leur permettant de répondre au problème de la gestion de l'innovation à long terme. Mettre en place une organisation et des méthodes de gestion favorisant l'apparition d'innovations révolutionnaires est particulièrement difficile: la combinaison du degré de nouveauté de ce type d'innovations et de leur horizon de développement constitue un facteur d'incertitude important. Ainsi, les projets de recherche à long terme, mis en oeuvre dans le but de faire émerger de telles innovations, sont caractérisés par l'apparition de risques élevés à différents niveaux.

Tout d'abord, toutes les idées nouvelles ne sont pas réalisées; seul un petit nombre d'entre elles est commercialisé, les autres restent de bonnes idées prospectives et éventuellement des voies alternatives possibles. Un autre type de risque résulte de l'incertitude relative à la forme des innovations lorsqu'elles apparaîtront sur le marché, aux utilisateurs qui seront les plus sensibilisés par le nouveau produit (professionnels, grand public.) et au moment opportun pour le lancement sur le marché. Ce risque est fortement lié à la difficulté actuellement pour les entreprises d'adapter la technologie aux besoins des utilisateurs avant les dernières étapes du processus.

Les entreprises ont pris conscience de l'importance des innovations incrémentales et mettent en place actuellement différents types d'organisation dans le but de faciliter leur développement. Mais elles semblent également de plus en plus persuadées de la nécessité de mettre en oeuvre des organisations et des méthodes de gestion spécifiques pour favoriser l'apparition d'innovations révolutionnaires. Peu d'études se sont intéressées au problème spécifique des innovations révolutionnaires; celles-ci sont le plus souvent traitées de la même manière que les innovations incrémentales. Or, la question de l'organisation et des méthodes de gestion se pose de façon différente dans le cas d'innovations radicales. Les entreprises répondent à ce problème par la mise en place de différents types de structures, à la fois isolées des opérations d'exploitation courante et en relation avec le reste de l'entreprise (centres d'innovation à long terme extérieurs à la firme, équipes de recherche spécifiques à l'intérieur des laboratoires de recherche...); toutefois ce type de structure engendre très souvent des conflits avec les concepts d'organisation et les systèmes existants.

Une amélioration de la situation des entreprises face à ce problème, nécessite une meilleure compréhension des mécanismes actuels. Des auteurs tels que Rosenbloom, ont effectué des recherches dans ce domaine; un des principaux objectifs est de mieux comprendre les raisons pour lesquelles, des entreprises, dans des situations apparemment comparables et face aux mêmes opportunités technologiques, adoptent des solutions techniques et organisationnelles différentes. Plus précisément, les questions qui se posent concernent les circonstances dans lesquelles une firme adopte un comportement innovateur, pourquoi elle choisit d'être "leader" ou "suiveur", les effets que ce choix implique sur l'organisation et la gestion du processus d'innovation.

b) La gestion du processus de développement des produits

Les observations faites dans les entreprises révèlent des différences importantes en ce qui concerne la mise en oeuvre du processus de développement des produits. Ces différences apparaissent non seulement au niveau des concepts qui sont mis au point et de la forme des produits mais également en ce qui concerne les caractéristiques du processus lui-même et en particulier les délais de mise sur le marché, les coûts du développement et la qualité de l'exécution. Un des principaux objectifs des recherches dans ce domaine est de mettre à jour les facteurs qui sont à l'origine de telles

différences afin de mieux comprendre pourquoi certaines entreprises obtiennent de meilleurs résultats.

Dans l'étude réalisée récemment par K. Clark et T. Fujimoto (1991) sur le processus de développement des produits dans le secteur de l'automobile, quatre phases ont été identifiées, relatives tout d'abord à la mise au point du concept, puis du produit (définition et description détaillée), et enfin du processus de production. Chaque phase est analysée en fonction des différents types d'informations et des relations qui sont établies au niveau de l'étape considérée et avec les autres phases du processus de développement. La création et la gestion des relations observées à chaque étape sont fortement liées à la capacité de l'entreprise à établir des relations de communication, aux modes de coopération mis en place et aux compétences des ingénieurs. Deux caractéristiques semblent jouer un rôle important dans la forme du processus de développement: l'intégration des fonctions et la spécialisation des équipes.

A partir de cette analyse, les auteurs ont tenté de définir les principaux facteurs de succès du développement des produits. La réduction des délais, la diminution des coûts et l'amélioration de la qualité du développement sont des facteurs déterminants de la compétitivité de l'entreprise. Ces variables sont dépendantes les unes des autres et pour être efficaces, les efforts doivent porter sur les trois simultanément.

L'intégration des différentes composantes du processus de développement est également un facteur de succès dans la mesure où elle exerce des effets directs sur les délais et sur les coûts. Toutefois, pour réaliser cette intégration, il ne suffit pas de créer des équipes au sein desquelles sont regroupées les différentes fonctions qui interviennent dans le processus. Un consensus doit être établi au niveau du concept du produit, de la stratégie définie et du déroulement des opérations; ceci suppose le développement de relations de communication, qui permettent le partage des idées et une confiance mutuelle entre les intervenants. De telles organisations se caractérisent en général par des équipes de développement ni trop spécialisées, ni trop grandes, au sein desquelles les compétences et les responsabilités des individus sont élargies.

L'interaction avec le client constitue un autre facteur clé, indispensable pour intégrer les besoins et les intérêts des consommateurs dans le processus de développement. Cependant, compte tenu des changements fréquents dans le comportement des utilisateurs, cette intégration est difficile à réaliser. L'efficacité du système repose sur une cohérence entre l'organisation interne du processus de développement du produit et la relation avec le client, ce qui suppose la définition précise du concept de produit et son acceptation par tous les intervenants.

Enfin, la prise en compte dès la phase de développement du produit, des contraintes liées à la fabrication, joue un rôle déterminant. Ceci suppose la mise en place de relations avec le secteur de la production et permet non seulement une meilleure préparation des équipements de production mais également une application de certains modes de fonctionnement tels que le juste-à-temps ou le contrôle de qualité au niveau du développement. Les effets sur les coûts et sur la qualité du produit sont particulièrement importants. De même ces relations ont pour effet de renforcer le rôle du prototype: celui-ci est non seulement un moyen de formaliser un concept et de vérifier la faisabilité du nouveau produit, mais il permet également de tester et d'améliorer le processus de production.

c) L'environnement des entreprises en matière de R-D et d'innovation

Le contexte dans lequel évoluent les entreprises en matière de recherche et d'innovation, a subi des mutations profondes dans les années 80. On assiste au cours de cette période à une forte augmentation des coûts de la R-D, à une transversalisation des recherches et à une convergence entre différentes technologies remettant en cause les frontières de certains secteurs (télécommunications et informatique, optique et machines-outils...). On observe également un raccourcissement du cycle de vie des produits et une forte intégration de l'informatique dans les outils de gestion et de production. Des changements ont lieu également dans l'environnement international des entreprises; on assiste à un accroissement général du niveau scientifique et technologique. Ainsi, être en avance dans le domaine scientifique ne garantit plus une position de leader sur le marché. Il devient nécessaire d'exploiter de façon rapide et pertinente, les résultats des recherches; ceci suppose d'accroître le niveau d'expertise scientifique et technologique afin de développer les capacités de commercialisation.

Ces changements ont contribué à la mise en place de nouvelles formes d'organisation de la R-D. N. Rosenberg et D. Mowery (1989) proposent une analyse de leur évolution. L'organisation de la recherche se caractérise actuellement par une augmentation des coopérations nationales et internationales. La multiplication des coopérations internationales, favorisée par l'accroissement général du niveau scientifique et technique, résulte essentiellement de l'augmentation des coûts et des risques. Au niveau national, les coopérations se développent soit entre les entreprises, soit entre les universités et les entreprises. Les premières semblent plus difficiles à gérer: une des principales raisons est la différence entre les niveaux scientifiques atteints par les firmes, certaines étant très proches des limites actuelles de la science; une autre difficulté majeure est liée aux relations de concurrence entre les entreprises. Par ailleurs, dans les coopérations entreprise-université, la probabilité d'apparition d'idées nouvelles et d'innovations radicales et la possibilité de recrutement d'ingénieurs hautement qualifiés rendent cette forme d'organisation plus attirante.

Des implications importantes apparaissent du point de vue de la mise en oeuvre des politiques publiques: elles se traduisent par la nécessité de rapprocher la politique technologique et la stratégie commerciale. Les industries à forte composante technologique sont en général exportatrices et à ce titre constituent une source de revenu importante pour la nation, mais nécessitent dans les premières phases de leur développement, la mise en oeuvre de mesures de protection. Un des principaux problèmes qui se posent dans le rapprochement de ces deux types de politiques réside dans l'opposition entre le caractère statique des politiques commerciales et l'aspect dynamique de l'évolution technologique: les politiques commerciales sont établies sur la base de coûts et de prix définis dans le cadre d'une période donnée, alors que les développements technologiques ont tendance à faire baisser les prix et à modifier les produits de façon continue.

d) La relation entre innovation et concurrence

Le développement de produits nouveaux joue un rôle déterminant dans l'amélioration de la position concurrentielle de la firme. Certains aspects de la relation entre innovation et concurrence ont été mis en évidence par K Clark et T. Fujimoto (1991).

Le développement technologique constitue un atout pour les entreprises dans la mesure où il leur donne la possibilité de créer des produits nouveaux et de répondre à la demande de différenciation exprimée sur le marché, l'enjeu étant de répondre aux besoins des utilisateurs de façon plus précise et plus rapidement que les autres firmes. Toutefois le développement technologique n'est pas seulement un moyen de réponse, il est également un facteur d'accroissement de la concurrence: il est plus difficile pour une entreprise d'acquérir une meilleure position concurrentielle compte tenu de l'augmentation des capacités de développement scientifiques et technologiques dans l'ensemble des pays industrialisés. Ainsi, les entreprises ont à faire face à une situation dans laquelle d'une part, la technologie est de plus en plus importante, et où d'autre part, elle ne suffit plus à assurer une position dominante sur le marché.

L'innovation comme moyen de réponse à la concurrence est une stratégie difficile à maîtriser. L'introduction d'une innovation dans les processus en place peut déstabiliser un environnement concurrentiel sans procurer d'avantages pour l'entreprise qui en a pris l'initiative. Face à ce problème, les entreprises adoptent différents types d'attitudes, certaines introduisent de façon systématique les nouvelles technologies disponibles, d'autres préfèrent continuer à utiliser des techniques plus anciennes et encore performantes. Quelle que soit la solution adoptée, le moment et le lieu choisis pour introduire une innovation jouent un rôle crucial dans l'amélioration de la position de l'entreprise sur le marché.

De même, dans l'analyse proposée par M. Porter, le changement technologique constitue une des principales sources d'avantage concurrentiel. Cependant toutes les innovations ne permettent pas d'améliorer la situation d'une entreprise donnée; certains développements peuvent aggraver la position d'une firme sur le marché. Pour procurer un véritable avantage concurrentiel, une innovation doit non seulement répondre à un besoin nouveau, perçu avant les concurrents, mais elle doit également permettre à l'entreprise d'agir sur les coûts ou sur la différenciation de ses produits.

Le mécanisme par lequel le changement technologique affecte la position relative d'une firme, du point de vue des coûts et de la différenciation des produits, est basé sur le rôle de la technologie dans la chaîne de valeur de l'entreprise. La chaîne de valeur d'une firme

est composée des différentes activités qui interviennent dans son fonctionnement. Elle a deux caractéristiques principales: d'une part, les activités qui la constituent sont déterminées en fonction de leur valeur, c'est-à-dire à partir de leur contribution au revenu global de l'entreprise, et non en fonction de leur coût; d'autre part, toutes les activités sont reliées entre elles. La chaîne de valeur de l'entreprise est incluse dans un système plus large, comprenant les chaînes de valeur des clients et des fournisseurs, ainsi que les canaux de transmission entre les différents partenaires. La technologie joue un rôle déterminant au sein de telles chaînes, pour deux raisons principales. D'une part, elle est présente tout au long de la chaîne; en effet, chaque activité met en oeuvre une technologie (ou un ensemble de technologies) par laquelle elle combine des inputs et produit un output. D'autre part, l'interdépendance entre les technologies utilisées renforcent les interactions entre les différentes activités; ce phénomène est particulièrement évident dans le cas des systèmes d'information et de télécommunication mis en oeuvre dans les firmes.

Dans ce contexte, les effets du changement technologique peuvent être considérables, à la fois parce qu'une innovation peut émerger de n'importe quelle activité de la chaîne de valeur et parce qu'elle affecte toutes les activités. Le développement technologique agit soit directement, en modifiant les technologies existantes, soit indirectement, en influant sur les autres facteurs de coût et de différenciation des produits, notamment en créant des interactions, en favorisant une réduction des délais ou en remettant en cause certains avantages procurés par les économies d'échelle. L'avantage résulte de l'adoption tardive des technologies nouvelles par les entreprises concurrentes; il est dû très souvent à la réticence des entreprises à remplacer des équipements et à renouveler des structures encore performantes.

Un des aspects importants de l'analyse proposée par M. Porter, est d'aborder non seulement la question de la création d'un avantage concurrentiel, mais également le problème du maintien de la situation acquise. En effet, une telle position ne peut être durable que si l'entreprise met en oeuvre un processus continu d'innovations et d'améliorations. Cette condition implique la nécessité pour l'entreprise de se mettre en situation d'innover, de façon permanente, c'est-à-dire de s'exposer aux stimulations externes ou internes qui provoquent le changement.

e) L'innovation et la montée des formes coopératives d'organisation

Cette question a été étudiée au LATTS, par P. Veltz et P. Zarifian, dans le cadre de recherches menées sur le développement de nouveaux modèles d'organisation industrielle.

Dans l'approche proposée, un modèle d'organisation est une structure de définition-résolution des problèmes d'efficacité de la firme, reposant notamment sur des compromis stabilisés de gestion de dilemmes non résolus. L'idée de base est que l'activité au sein des firmes ne consiste pas à optimiser mais plutôt à mettre au point une suite continue de solutions techniques, économiques et organisationnelles. Le modèle d'organisation constitue le référentiel dans lequel se développe l'action et sont définies les solutions; il comprend à la fois des schémas sociaux et des schémas cognitifs de position et de résolution des problèmes, qui permettent aux acteurs d'agir. Une analogie est établie avec les notions de paradigmes et de science normale développées dans la théorie de Kuhn.

De même que les paradigmes scientifiques, le "modèle" contraint l'action et la pensée et peut être difficilement remis en cause; il en résulte une certaine stabilité, liée en particulier à l'existence de schémas de décisions qui précisent par qui, à quel moment et, grosso modo, dans quel cas les décisions sont prises dans le processus industriel. Toutefois, ceci ne signifie pas que les modèles d'organisation évoluent de manière harmonieuse et linéaire, leur évolution est plutôt discontinue, et se réalise à travers des phases de crise.

Le modèle d'organisation qui se développe actuellement dans le monde industriel en réponse à la crise du modèle classique (taylorien), se caractérise par de nouvelles pratiques et de nouvelles formes d'organisation, parmi lesquelles on observe en particulier un renforcement des interactions sociales au sein des entreprises et un accroissement des échanges entre la firme et son environnement. De telles pratiques sont plus particulièrement mises en oeuvre au sein de formes transversales d'organisation telles que les organisations par projet et les réseaux technologiques, qui tendent à devenir un lieu privilégié pour le développement des innovations.

SECTION II - LE DEVELOPPEMENT DE L'INNOVATION : LES ANALYSES SPATIALES

Les analyses spatiales du développement technologique tentent de cerner les différentes formes de localisation des activités qui interviennent dans le processus d'innovation; elles ont pour objectif de comprendre les logiques qui guident la localisation et le fonctionnement spatial de ces activités. Plusieurs types de logiques ont été mises en évidence, reposant sur différentes catégories d'éléments moteurs. Dans la théorie de la base et dans la théorie des pôles de croissance, les processus d'innovation et de production sont mis en oeuvre à partir d'un acteur innovateur, un secteur ou une entreprise; dans l'analyse de la division spatiale du travail et dans les études centrées sur le cycle de vie du produit, l'élément moteur du développement est constitué par la différence entre les caractéristiques économiques, sociales et techniques des espaces de localisation; dans les modèles du district industriel et du développement endogène, les spécificités locales sont à l'origine du développement technologique; enfin, dans l'approche proposée par le LATTIS, les logiques d'organisation des entreprises jouent un rôle essentiel dans la localisation des processus d'innovation et de production.

1 - Le développement territorial du processus d'innovation autour d'un acteur innovateur

a) La théorie de la base

Dans cette théorie, proposée au milieu des années 1950, la croissance d'une région ou d'un pays est fondée sur ses relations avec l'extérieur. L'idée principale est que le développement d'un espace résulte essentiellement de l'impulsion donnée par ses activités exportatrices, qui constituent les activités de base d'une région. Celles-ci jouent un rôle moteur dans le développement d'un espace par les effets qu'elles exercent sur les activités résidentielles: elles permettent le développement interne de la région en augmentant ses ressources et son revenu extérieurs. Cette approche amène à considérer l'innovation comme une activité développée par le secteur de base, en

réponse à une stimulation externe; les nouvelles technologies mises au point sont ensuite diffusées dans le secteur résidentiel.

Toutefois, les relations entre une région et l'extérieur ne se limitent pas à des activités d'exportation; d'autres types d'échanges accroissent de façon non négligeable le revenu des régions. A ce titre, la théorie de la base a fait l'objet de certains élargissements, consistant notamment à prendre en compte les différents flux de revenus et de dépenses entre une région et son environnement. Cependant, l'introduction de ces différentes composantes amène à considérer les structures de chaque région ainsi que leur capacité d'internalisation du revenu extérieur, il en résulte une remise en cause de la théorie de la base qui considère que le rôle d'entraînement joué par le revenu extérieur est indépendant de l'organisation interne de la région.

b) La théorie des pôles de croissance

La théorie des pôles de croissance rend compte des forces et de la dynamique qui ont déterminé l'apparition de lieux ou de centres privilégiés autour desquels s'est concentrée l'activité économique; elle veut expliquer la formation des inégalités dans l'espace. Cette théorie a été développée par F. Perroux au début des années 1950; fondée sur les notions de déséquilibre, d'effets de domination et de macro-unités, elle a inspiré de nombreux programmes de développement à partir des années 1960.

Le processus de polarisation décrit dans cette analyse a des caractéristiques précises qui le distinguent d'autres regroupements économiques tels que le développement de zones industrielles ou la concentration d'activités autour de noeuds de communication (Boudeville, 1968). Ce processus repose sur le rôle moteur d'une grande firme qui exerce un effet d'entraînement sur les entreprises situées dans son environnement, en créant des occasions d'économies externes; celles-ci sont "horizontales" lorsqu'elles résultent de la création de marchés du travail par exemple, ou "verticales" dans le cas du développement de relations avec les fournisseurs et les acheteurs.

Une des principales caractéristiques du pôle de croissance est la dimension relative des flux émanant, d'une part, de la grande firme et, d'autre part, des petites unités. Les flux d'offre et de demande de marchandises et de services de la grande entreprise sont plus

importants que ceux des autres firmes: le caractère moteur de la grande entreprise repose sur cette différence. Un autre trait caractéristique du pôle de croissance réside dans la nature des relations qui existent entre les entreprises: il ne s'agit pas de relations de monopole, les petites unités sont indépendantes dans la mesure où elles constituent chacune un centre de décision et fournissent des produits différents. Ainsi le poids de la firme principale n'est pas lié aux prix qu'elle pratique mais à la dimension de ses flux.

Dans cette théorie, l'innovation constitue le principal mécanisme par lequel est diffusé l'effet moteur du progrès technique. En innovant, la grande entreprise augmente son offre et diminue son prix. La baisse de prix est propagée par les autres firmes et a pour effet d'augmenter les ventes ou de dégager un pouvoir d'achat. Cette dynamique varie selon les mécanismes d'interaction qui sont mis en oeuvre entre la grande entreprise et son environnement; ceux-ci sont définis à la fois par le type d'innovation réalisé et par les structures régionales. Cependant, de façon générale, la croissance de la productivité et la réduction des coûts se propagent à partir de la grande firme qui innove.

Un des principaux problèmes soulevés par cette théorie est lié à l'ambiguïté entre pôle économique et pôle spatial. Différentes interprétations de cette analyse ont établi une relation mécanique entre ces deux aspects de la notion de pôle; la mise en oeuvre de programmes de développement sur cette base s'est traduite très souvent par des échecs. En effet, il ne suffit pas d'effectuer un investissement, par exemple d'implanter une firme de haut niveau technologique dans un espace, pour créer un pôle de croissance; des "courroies de transmission" sont nécessaires pour intégrer la firme dans son environnement et structurer le pôle de façon à développer de véritables effets d'entraînement.

La théorie des pôles est aujourd'hui remise en question par certains aspects de l'évolution de la structure industrielle; notamment, les formes d'asymétrie ont changé: la différence de productivité et de rentabilité qui existait entre les grandes et les petites entreprises et qui permettait cette forme de propagation de l'innovation n'existe plus dans le contexte actuel.

2 - Le développement territorial du processus d'innovation à partir de la différenciation spatiale

a) La division spatiale du travail

La théorie de la division spatiale du travail développée dans les années 1970 et 1980 a remis en cause une des idées de base de la théorie néo-classique selon laquelle les déséquilibres dans un système économique sont transitoires et disparaissent sous l'effet de la mobilité des facteurs. Cette théorie, au contraire, met en évidence les effets cumulatifs du déséquilibre (Myrdal): la mobilité des facteurs n'est pas rééquilibrante, elle accroît les inégalités en permettant le déplacement des facteurs de production vers les zones privilégiées plus rémunératrices. Ainsi, les centres les plus riches augmentent leur capacité de développement et les espaces défavorisés deviennent plus pauvres. Ce processus aboutit à une bipolarisation entre les centres et les périphéries.

L'innovation occupe une place centrale dans ce modèle, elle est au coeur de la relation centre-périphérie: les sociétés innovatrices sont localisées dans les centres et exercent des effets de domination sur les périphéries qui n'ont pas les moyens d'innover.

L'analyse de la division spatiale du travail développée par P. Aydalot propose, en s'appuyant sur l'exemple de la France des trente glorieuses, une nouvelle conception de l'espace et du développement régional à partir de l'approche centre-périphérie. L'objectif est de comprendre les mécanismes par lesquels se constituent les hiérarchies spatiales entre les centres et les périphéries. Dans le modèle proposé par P. Aydalot, la dynamique spatiale repose sur l'existence de différences entre les coûts de reproduction de la main-d'oeuvre de chaque région. Ainsi, une entreprise tend à s'implanter dans un milieu où ces coûts sont relativement faibles. Cependant, les revenus qu'elle distribue vont progressivement élever le niveau de vie; il en découle une augmentation des coûts de reproduction de la force de travail qui amène l'entreprise à élargir ses implantations dans des espaces dont les modes d'existence sont moins coûteux. On assiste ainsi à un processus d'extension de l'espace maîtrisé par l'entreprise et soumis à ses décisions. Le décalage et le retard d'adaptation entre les formes de production et les modes de vie constituent une source de profit pour les entreprises et un moteur de l'évolution des

modes de production; dans ce processus, l'espace joue un rôle central: il est "l'outil de ces inerties" (P. Aydalot, 1985).

Selon P. Aydalot, ce modèle a été remis en cause à partir des années 1970 par l'apparition de technologies nouvelles et notamment par l'émergence de nouvelles formes territoriales du développement de l'innovation. Les activités nouvelles n'ont pas été décentralisées vers des espaces moins coûteux, mais ont été localisées dans des espaces centraux. Ce phénomène de "retournement des hiérarchies spatiales" prend différentes formes selon les types d'innovation. Il met en oeuvre à la fois des mécanismes de division spatiale du travail, lorsque l'innovation a lieu par exemple dans les laboratoires des grandes entreprises, et des phénomènes de polarisation, dans le cas où les nouvelles technologies sont développées dans des réseaux ou des pôles scientifiques centrés sur des institutions universitaires.

b) L'introduction de la notion de cycle du produit

L'analyse développée par R. Vernon a pour objectif de mieux comprendre les changements qui ont marqué l'évolution du commerce international dans les années 1960 et 1970, et tente de formuler de nouveaux concepts qui permettent de prendre en compte les facteurs de ces mutations et de les intégrer dans la théorie du commerce international. Ces facteurs sont principalement l'innovation et les économies d'échelle. Ainsi, une des principales caractéristiques du modèle proposé par R. Vernon est de prendre en compte davantage le rôle de ces nouveaux facteurs dans le développement des échanges internationaux plutôt que l'étude des coûts comparatifs.

R. Vernon distingue différents types de comportements selon les étapes du cycle de vie du produit, ces différences traduisant l'évolution de la dynamique de localisation à partir de la phase de développement jusqu'à la phase de standardisation des produits. Le modèle élaboré considère trois grands espaces de localisation: les Etats-Unis, les autres pays développés et les pays en voie de développement.

Pendant la première phase du cycle de vie d'un produit, la localisation aux Etats-Unis offre certaines conditions favorables, notamment un revenu élevé des consommateurs potentiels, une grande disponibilité du capital et une communication forte entre le

marché potentiel et les offreurs sur ce marché. Lorsque le produit atteint sa phase de maturité, la technologie utilisée est stabilisée, ce qui permet une production de masse et la réalisation d'économies d'échelle. A cette étape, l'implantation dans les autres pays développés fournit certains avantages, du point de vue plus particulièrement des coûts de production, souvent plus faibles qu'aux Etats-Unis. Compte tenu des économies d'échelle et du coût du travail, la production augmente et les produits sont peu à peu exportés, y compris vers les Etats-Unis. Ce retour sur le marché américain se traduit par une augmentation de la concurrence à laquelle les autres entreprises répondent par des investissements à l'étranger de façon à bénéficier également de coûts de production inférieurs. Dans la phase de standardisation, le processus de production est totalement maîtrisé et ne repose pas sur des économies externes, ce qui facilite la localisation dans les pays en voie de développement et permet de bénéficier d'économies importantes notamment lorsqu'il s'agit de produits à forte valeur ajoutée, pour lesquels le coût du transport est négligeable ou de produits contenant une part significative de facteur travail.

Ce modèle a joué un rôle important dans les théories économiques et géographiques de la localisation dans les années 1970, et a constitué une base d'analyse des phénomènes de décentralisation industrielle. Il est actuellement remis en question, en particulier par l'évolution de la notion du cycle du produit; le raccourcissement des cycles de vie des produits, la réduction des phases centrales rendent obsolètes les outils de planification stratégique basés sur la prédominance de l'étape de standardisation du produit et sur les économies d'apprentissage. Cette analyse est remise en cause également par la technicisation et la complexification de la production qui ont pour effet de donner un rôle stratégique non seulement au coût de la main d'oeuvre mais de plus en plus à sa qualité.

L'idée selon laquelle la dynamique de localisation des activités contient des éléments cycliques liés à l'innovation et au cycle du produit est également développée dans l'analyse de P. Aydalot. La notion de cycle du produit dans ce modèle, permet d'expliquer l'alternance entre des formes territoriales polarisées et des configurations plus éclatées fondées sur la division du travail. La polarisation est liée aux premières étapes de développement des technologies nouvelles, elle se traduit par des concentrations d'activités du type de celle qui a eu lieu dans la Silicon Valley; puis les techniques se stabilisent et les activités industrielles, tout d'abord, se concentrent

autour des pôles, puis sont peu à peu disséminées selon les principes de la division du travail; ce phénomène fait éclater les pôles, favorisant l'émergence d'autres pôles dès l'apparition de nouvelles technologies.

3 - Le développement territorial du processus d'innovation à partir des spécificités locales

a) Le "district industriel" réactualisé

Le district industriel, dans le modèle proposé par A. Marshall, à la fin du XIX^e siècle, consiste en un regroupement spatial d'activités industrielles, dont le développement repose sur les compétences internes. Dans cette analyse l'accent est mis, moins sur les facteurs externes de localisation, et davantage sur les structures et le fonctionnement spécifiques de cet ensemble d'activités localisées. L'idée de base est que l'organisation mise en place crée des compétences internes et spécifiques qui permettent la croissance du district.

Un des principaux avantages du district industriel réside dans sa structure, caractérisée par le regroupement de ressources humaines et l'interdépendance des activités. Ces deux avantages favorisent non seulement la mise en oeuvre de processus de transmission et d'enrichissement des compétences mais également le développement d'une dynamique interne permettant l'acquisition de nouvelles compétences; cette dynamique constitue une des principales sources d'innovation.

Les phénomènes d'intégration qui se développent au sein du district industriel ont pour effet de construire peu à peu un environnement composé d'entreprises plus ou moins reliées entre elles et comprenant des industries principales et des activités complémentaires. L'aspect essentiel de ce phénomène est qu'il se déroule dans le temps; le district industriel résulte d'un processus d'élaboration d'une capacité de production spécifique, dont le temps constitue la dimension principale. Ainsi, l'histoire d'un district industriel constitue une composante clé de son développement (Beccatini).

Le district industriel possède un autre avantage fondamental: son fonctionnement interne et plus particulièrement la dynamique d'innovation qui le caractérise, lui procure

une certaine pérennité et une capacité de croissance. La mise en oeuvre de nouvelles compétences et le développement des innovations permettent le renouvellement du système sans mettre en jeu sa stabilité, celle-ci étant assurée par la maîtrise interne des mécanismes qui construisent un tel système.

Enfin, le caractère non destructeur d'une concurrence limitée, résultant d'un mélange de coopération et de concurrence, permet de dégager des marges et favorise l'innovation. Les aspects communautaires et extra-économiques de ce type de fonctionnement jouent un rôle essentiel dans la dynamique d'innovation; ils sont particulièrement importants dans le modèle de l'Italie.

Dans le contexte actuel, l'apparition de nouveaux modes de localisation des systèmes d'innovation et le rôle donné à ces formes spatiales dans le développement des régions, renforce l'intérêt du modèle proposé par A. Marshall.

b) La théorie du développement endogène

Contrairement aux autres approches du développement territorial, la théorie du développement endogène correspond à un certain volontarisme. Elle ne résulte pas de l'analyse de situations réelles, elle apparaît plutôt comme la critique du modèle dominant et la mise au point d'un projet d'action.

L'idée de base est que la crise du modèle classique de développement, fondé sur les grandes organisations et sur la diffusion de la croissance à partir des niveaux supérieurs du système économique, ne permet pas de résoudre le problème de la croissance des régions et des espaces défavorisés. De plus, cette forme de croissance exerce des effets négatifs sur le développement local, notamment par l'accroissement de la dépendance vis à vis des "centres", par le gaspillage des ressources locales (par pillage ou par sous-utilisation) et par la dégradation de l'environnement.

La théorie du développement endogène, proposée dans les années 60, définit un autre modèle de croissance, basé sur les besoins locaux. Le moteur du développement, dans cette approche, est constitué par la demande de la population qui implique la mise en oeuvre de processus de production et de distribution de biens et de services. Ainsi, la

croissance est définie par les besoins internes et non pas par la demande externe; l'agent principal du développement n'est plus l'entreprise mais le territoire. Il en découle en particulier une forte nécessité de valorisation des ressources locales.

Ce type de développement local est réalisé par la participation active de l'ensemble de la population et par l'intégration, au sein de l'organisation locale, des composantes culturelles, économiques et techniques, qui lui donnent un aspect communautaire et intégré. Il en résulte un développement global plutôt que des spécialisations particulières. Dans un tel système, les relations informelles jouent un rôle essentiel; elles apportent une certaine souplesse et limitent les coûts de gestion de l'organisation. Ce contexte est particulièrement favorable à l'apparition d'innovations, dont le caractère local est fortement marqué par le fait qu'elles intègrent la tradition et l'expérience de leur environnement.

Une certaine autonomie des espaces est nécessaire pour assurer cette forme de croissance. La préférence pour la production interne est indispensable, en particulier dans les premières phases du développement, afin de favoriser l'industrie locale; elle permet également d'éviter une croissance trop rapide des exportations, qui entraîneraient une variation du revenu local à un rythme déterminé par les besoins externes. Il s'agit de conserver la maîtrise du système, ce qui suppose notamment de construire un environnement constitué de petites unités, favorisant les innovations locales.

Le développement endogène se distingue des formes d'organisation classiques par sa flexibilité, qui lui permet d'évoluer dans un environnement en mutation, par la variété des produits et des structures, et par la souplesse de son organisation.

c) Les technopoles

Les technopoles, apparues récemment dans la plupart des pays industrialisés, constituent une nouvelle forme de regroupement spatial d'activités de production et d'innovation. Cette notion recouvre actuellement des modes d'organisation très différenciés et reste encore mal définie. Elle apporte cependant des éléments pour l'analyse du contexte économique et technique; en particulier, la diversification de ces

nouvelles formes de localisation, d'une part, révèlent la complexité de l'interaction entre les stratégies d'entreprise et les politiques publiques, et d'autre part, mettent en évidence les difficultés à organiser et à maîtriser cette interaction.

De nombreuses analyses ont été réalisées dans le but de saisir la logique sur laquelle repose la constitution des technopoles; elles ont mis en évidence plusieurs caractéristiques de ces systèmes localisés. Selon Y. Morvan (1991), la structure des technopoles comprend quatre éléments majeurs: des relations avec des institutions de formation et de recherche, une proximité entre les acteurs, des structures d'accueil et des moyens de transfert tels que les réseaux de communication et la mise à disposition de moyens financiers, et un certain "état d'esprit" permettant un accord des acteurs sur les objectifs établis et les moyens utilisés. La dynamique du développement, au sein de ces systèmes localisés, repose sur le développement de nouvelles technologies et la mise en oeuvre de relations entre les acteurs, favorisant l'intégration entre les différentes composantes techniques, économiques et sociales.

La nature des relations établies entre une technopole et son environnement constitue également une caractéristique essentielle, qui permet de distinguer deux types de technopoles: les pépinières ou incubateurs, fortement dépendantes d'un acteur qui les contrôle (souvent, une grande entreprise), et les agglomérations d'activités (de recherche et développement le plus souvent) qui constituent une cohérence territoriale (Arena, Benzoni, De Bandt et Romani, 1991).

Les analyses réalisées par Jean-Luc Gaffard caractérisent les technopoles en les distinguant, d'une part, des districts, industriels et technologiques, et d'autre part, des pôles hiérarchisés. Alors que les premiers constituent de véritables réseaux innovateurs reposant sur une dynamique et des synergies internes assurant leur viabilité à long terme, les seconds, qui représentent le cas général, se développent à partir de différents types d'acteurs, publics ou privés, dont dépend leur évolution. Dans cette typologie les technopoles, troisième type de systèmes d'innovation localisés, représentent une forme particulière d'agglomération des activités de recherche-développement (Gaffard, 1990). Lorsqu'il s'agit de pépinières et d'incubateurs, elles constituent un soutien ponctuel à la création de nouvelles entreprises sans véritable connexion avec l'environnement, alors que les technopoles constituées en parcs

d'activités scientifiques et technologiques répondent à une logique d'agglomération pouvant conduire au développement de réseaux innovateurs.

On observe, dans la constitution de ces nouvelles formes d'agglomération, divers éléments appartenant aux modèles de localisation industrielle développés jusqu'à maintenant. Toutefois, certaines caractéristiques semblent les différencier des autres formes de regroupement spatial qui ont dominé dans la période précédente; il s'agit en particulier de l'influence des stratégies des grands groupes industriels, de leur dépendance vis à vis des grands programmes de recherche nationaux et internationaux, et surtout des nouveaux types d'articulation qu'elles établissent entre les dimensions locales, nationales et internationales, et qui leur permettent d'agir sur la forme des processus de production et d'innovation.

4 - Le développement territorial du processus d'innovation et les logiques d'organisation des entreprises

a) Les principes de base de l'analyse

Dans l'analyse développée par P. Veltz et M. Savy au LATTS, le rôle moteur dans la localisation des activités industrielles est attribué principalement aux logiques d'organisation des firmes. Ce type d'approche résulte de l'observation de deux tendances majeures, en ce qui concerne l'organisation spatiale des activités, dans le contexte actuel. Tout d'abord, les facteurs traditionnels de localisation ne jouent plus le rôle principal dans l'installation et le déplacement des activités sur le territoire, ensuite le modèle centre-périphérie qui a dominé la période précédente semble de plus en plus remis en question.

Dans l'approche traditionnelle, les facteurs de localisation, c'est-à-dire les éléments "susceptibles de différencier l'espace pour l'entreprise" (Aydalot), comprennent essentiellement les coûts de transport, la proximité des marchés et le coût des ressources. Ces facteurs ne permettent plus d'expliquer les formes spatiales de l'activité de production et d'innovation qui se développent dans le contexte actuel. En effet, les entreprises ne s'intéressent pas seulement au coût du transport mais également à sa fiabilité, et la qualité des ressources humaines et matérielles devient

aussi importante que leur coût. Mais également de nouveaux facteurs de localisation interviennent, variables selon les espaces et les entreprises, tels que la forme des relations entre les partenaires publics et privés ou les structures d'accueil.

En ce qui concerne la forme des relations spatiales, c'est-à-dire l'articulation entre les unités localisées, le modèle centre-périphérie ne rend plus compte de l'évolution actuelle. Certaines activités, notamment de recherche et développement, sont localisées hors des lieux "centraux"; parallèlement on observe une polarisation d'activités moins stratégiques autour des métropoles dans un but de réduction des risques.

Une analyse plus précise du contexte actuel met en évidence le rôle primordial des logiques d'organisation des entreprises dans les structures territoriales émergentes. L'approche proposée par le LATTIS consiste à mieux comprendre l'organisation industrielle et son évolution afin de saisir les logiques qui guident la localisation des activités. Une des particularités de cette approche réside dans la mise à jour de l'interaction entre l'organisation spatiale et l'organisation industrielle des activités. D'une part, la répartition et l'articulation des activités sur le territoire révèlent les différents types d'organisations mises en place dans les firmes et les relations établies entre celles-ci; d'autre part, la forme territoriale et le fonctionnement spatial des organisations exercent certains effets sur les modes d'organisation de la production et de l'innovation. Ce double rôle de l'organisation spatiale, à la fois révélateur du système d'organisation et acteur au sein de ce système, résulte des deux aspects de la notion d'espace économique; celui-ci, d'une part, est le produit des modes d'organisation structurelle et de leurs transformations, et dans ce cas il donne une image géographique de ces structures; d'autre part, il constitue un cadre donné qui, du fait de sa relative inertie, impose certaines contraintes de localisation et de fonctionnement des activités dans l'espace.

b) Evolution économique et nouveaux critères d'organisation spatiale des activités

La logique de localisation des activités industrielles qui se dessine actuellement, est directement liée aux nouveaux objectifs stratégiques des entreprises. On observe actuellement une évolution des stratégies d'optimisation statique des coûts, mises en place par les firmes dans la période précédente, vers des stratégies plus complexes de

réduction des risques. Cette mutation est due en particulier à l'évolution du contexte économique marqué par la globalisation et l'internationalisation des systèmes de production et d'innovation, notamment au sein du groupe formé par les Etats-Unis, l'Europe et le Japon. Développée sous la forme d'alliances et d'accords plutôt que par la croissance de grandes structures et de grandes industries, cette économie-réseau se caractérise par un élargissement de l'échelle de la concurrence, une augmentation du nombre d'acteurs, et des frontières de plus en plus floues entre les firmes. Il en résulte une certaine imprévisibilité de l'environnement qui a pour effet d'accroître l'incertitude et le risque auxquels les entreprises ont à faire face. La réduction des risques est une question particulièrement importante dans la compétition par l'innovation, qui est au centre des stratégies d'entreprises aujourd'hui.

Les firmes répondent à cette évolution par le développement d'organisations plus flexibles. La flexibilité des nouvelles structures repose en particulier sur la capacité à maîtriser le temps, sur l'accès au marché du travail, notamment des cadres et des spécialistes, et sur l'aptitude à développer des relations denses entre différents types de partenaires (institutions publiques-organismes privés, industries-services, innovation-production). La notion de qualité s'ajoute progressivement à celle de coût dans la définition des critères de performance des organisations: le coût relatif des facteurs tend à perdre de son importance au profit de la qualité de leur combinaison, le coût du transport est moins déterminant que la vitesse et la fiabilité des délais, le coût de la main-d'oeuvre est progressivement remplacé par le niveau de qualification et de compétence des individus et par la souplesse du marché du travail.

Dans ce contexte, l'attractivité des régions dépend de leur capacité à donner une certaine sécurité aux entreprises et de leur contribution à l'efficacité des organisations. Certaines tendances de localisations se dessinent actuellement; les métropoles d'une part, et les grandes infrastructures et noeuds de communication d'autre part, constituent des espaces attractifs dans la mesure où ils permettent une certaine fiabilisation des structures du point de vue notamment de la maîtrise du temps, de l'accès au marché du travail qualifié, et des possibilités de synergies entre plusieurs acteurs. A l'inverse, le développement de structures moins hiérarchisées, favorisant les interactions horizontales, constitue un facteur de décentralisation.

DEUXIEME PARTIE

R - D ET PROCESSUS D'INNOVATION : LA TENSION ENTRE DEUX CULTURES D'ORGANISATION

La recherche et développement et l'innovation technique sont souvent confondues; elles sont cependant différentes à la fois du point de vue de la nature des activités et en ce qui concerne leur place dans l'organisation de la firme.

La R-D est une fonction de l'entreprise au même titre que la production, le marketing, la distribution. Elle a sa place dans l'organisation verticalisée des entreprises au sein de laquelle il est relativement facile de l'identifier. Dans l'organisation structurelle, la R-D constitue en général une des grandes directions de l'entreprise. Au sein du processus d'innovation, elle est réalisée par les chercheurs et ingénieurs de R-D; elle intervient avant la mise en oeuvre des opérations de production. Dans la structure spatiale, elle est localisée dans les laboratoires centraux et dans les unités de R-D décentralisées dans les divisions-produits.

L'innovation technique, au contraire, n'est pas facilement repérable dans la structure de l'entreprise. Tout d'abord, elle prend la forme d'un processus dont la structure horizontale fait intervenir les différentes fonctions de la firme, ce qui se traduit par la nécessité de traverser des barrières structurelles. Ensuite, l'innovation technique se développe en interaction avec des partenaires externes à l'entreprise, notamment des

centres de recherche universitaires, des laboratoires industriels, des institutions gouvernementales. Actuellement, l'extension du processus d'innovation au sein de l'entreprise et dans son environnement se concrétise par le développement de réseaux reliant les fonctions internes de la firme avec des organismes de recherche externes; cette évolution se traduit par un accroissement de la complexité des structures d'innovation. Un rôle crucial est accordé à la R-D dans ce processus; elle constitue à la fois la première étape du processus et une des principales sources d'innovation, en particulier dans le cas d'innovations radicales. La notion de changement technique, encore largement basée sur l'idée du rôle prépondérant de la science, contribue à accroître la confusion entre recherche et développement et innovation technique.

Ainsi, la R-D peut être regardée sous deux aspects, à la fois comme fonction d'entreprise dans l'organisation traditionnelle et verticale de la firme, et comme composante du processus d'innovation. Les deux aspects renvoient à deux "cultures"¹ d'organisation différentes, l'une basée sur une structure hiérarchisée et l'autre sur une structure horizontale, plus intégrée. Cette situation se traduit par des tensions, organisationnelles et culturelles, dans le fonctionnement de l'entreprise.

Dans cette deuxième partie, nous analyserons le double aspect de la R-D en essayant de mettre en évidence les caractéristiques de l'activité de R-D dans chaque culture et les mécanismes qui sont à l'origine des tensions.

Le premier chapitre donne un aperçu du contexte technique, politique et économique dans lequel se situe cette étude. Il considère plus particulièrement le rôle ambigu des politiques publiques actuellement, qui contribue à accroître la complexité de l'environnement auquel les entreprises ont à faire face.

Le deuxième chapitre analyse la R-D dans son rôle de fonction d'entreprise, à partir des cas de Thomson, Philips et Siemens. Nous étudierons tout d'abord la place et le fonctionnement de la R-D dans l'organisation globale de la firme, puis nous

¹ Le mot "culture" utilisé dans ce texte fait référence à un ensemble de pratiques et de représentations partagées, explicites ou implicites, qui caractérise la manière dont les personnes agissent et débattent dans le cadre d'une structure donnée. Ex: on ne peut pas caractériser la différence entre un bureau d'étude et une usine uniquement par l'organigramme ou des éléments de structure, examinés, interprétés et vécus de façons différentes.

considérerons le poids de la R-D dans l'entreprise en analysant, d'une part, le processus de décision en matière de recherche et, d'autre part, les relations établies avec les partenaires au sein de l'entreprise et dans son environnement. La dernière section sera consacrée à l'organisation spatiale de la fonction de R-D; elle tente notamment de saisir les dynamiques de localisation qui conduisent à la configuration territoriale et au fonctionnement spatial observés actuellement dans les entreprises.

Le troisième chapitre considère la R-D comme composante du processus d'innovation et tente de mettre en évidence les interactions et les tensions entre les deux cultures d'organisation. L'analyse a été réalisée à partir de l'étude du développement de deux technologies: les circuits intégrés à application spécifique (ASIC) et les écrans plats à cristaux liquides (LCD). Ces deux technologies se différencient de différentes manières, notamment du point de vue de leur stade de développement. La technologie des ASIC est actuellement en phase de croissance alors que les écrans plats à cristaux liquides sont en phase d'innovation; le processus d'innovation dans le premier cas se traduit par la mise en oeuvre d'interactions spécifiques entre les utilisateurs et les ingénieurs de R-D, alors que dans le deuxième exemple, les relations sont plus souvent établies au sein de la communauté scientifique. Il en résulte une organisation structurelle et spatiale du processus d'innovation spécifique pour chaque type de technologie; en particulier, l'intégration de la R-D prend une forme différente dans les deux cas. Ces deux études de cas posent la question de la place de la R-D dans l'organisation globale de l'entreprise; différentes formes d'intégration de la R-D seront analysées dans la dernière section.

Chapitre 1

Contexte et enjeux

La mise en place des nouvelles stratégies de recherche et d'innovation dans les entreprises se déroule dans un environnement technologique et économique complexe et incertain; les difficultés de cette situation sont renforcées par l'évolution actuelle des politiques publiques.

Les mutations qui marquent l'environnement des entreprises aujourd'hui sont le résultat, d'une part, d'un mouvement de fond relativement indépendant des évolutions observées sur le marché, et d'autre part, de changements rapides et profonds dans la structure des marchés. Le développement de la recherche industrielle a commencé au début du XX^{ème} siècle avec le déplacement progressif de l'activité de recherche et d'innovation, d'abord réalisée par des "inventeurs indépendants" tels que Edison, puis peu à peu intégrée dans les laboratoires de recherche créés par les entreprises, tels que les laboratoires Bell d'ATT créés en 1907 ou celui de la General Electric en 1900 (Hughes, 1989). Conçus au départ pour compléter l'activité des chercheurs indépendants, les laboratoires industriels sont progressivement devenus le lieu central de l'activité de recherche, notamment lorsque, en 1947, des chercheurs des laboratoires Bell ont inventé le transistor. Cette innovation révolutionnaire a, d'une part, introduit un changement important dans la nature des activités de recherche réalisées au sein des laboratoires industriels et, a d'autre part, marqué le début d'une vague d'innovations autour desquelles s'est construit le secteur de l'électronique. Ces innovations continuent à bouleverser non seulement ce domaine mais également l'ensemble des secteurs de l'industrie.

L'environnement des entreprises est également marqué par des mutations récentes, en particulier par les nouvelles formes de concurrence qui apparaissent sur le marché; la croissance rapide des entreprises japonaises et la place qu'elles occupent désormais sur le marché international accélère ces mutations et rend la concurrence plus sévère.

Dans le contexte actuel, où le rythme de développement des technologies est de plus en plus rapide et où la maîtrise des nouvelles techniques constitue un avantage concurrentiel déterminant, les nouvelles missions de la R-D deviennent stratégiques et mettent en évidence la nécessité de développer de nouvelles formes d'organisation. Les problèmes qui se posent quant à la mise en place concrète de nouvelles structures sont renforcés par l'ambiguïté du rôle de l'Etat dans ce nouveau contexte (Delmas, 1991).

Nous tenterons dans un premier temps de comprendre l'évolution de l'environnement des entreprises en mettant en évidence les mouvements de fond ainsi que les évolutions conjoncturelles qui marquent cet environnement et font apparaître de nouveaux enjeux. Nous considérerons ensuite le contexte actuel du point de vue de l'Etat afin de montrer comment la remise en cause du rôle des pouvoirs publics accroît la complexité de l'environnement.

Section 1 - Un environnement en mutation; des enjeux différenciés

1 - L'évolution de fond de l'environnement technologique des entreprises

a) Le développement de la recherche industrielle

La recherche industrielle existe depuis longtemps dans les pays occidentaux. L'histoire du développement des laboratoires industriels commence au début du XX^e siècle, avec l'intérêt croissant pour l'invention, la recherche et le développement qui apparaît au sein de la compagnie ATT et avec la création d'un laboratoire de recherche à la compagnie General Electric (Reich, 1985). Les premiers succès se sont traduits par un accroissement des profits réalisés par ces compagnies et ont engendré la création de nombreux autres laboratoires industriels. Ces laboratoires ont pris la place progressivement des "inventeurs indépendants" symbolisés par Edison. Une des principales raisons de cette évolution était la nécessité pour les entreprises de développer et d'améliorer les systèmes techniques conçus par les inventeurs indépendants.

Le développement de la recherche industrielle résulte également de la nécessité de répondre aux problèmes techniques de plus en plus complexes qui se posent dans l'entreprise. La création de laboratoires au sein des firmes donne la possibilité aux industriels de choisir les problèmes, relatifs aux processus technologiques et aux produits dans lesquels des investissements ont déjà été réalisés, qu'ils souhaitent voir résoudre par les chercheurs (Hughes, 1989). Les activités semblent clairement réparties: la tâche des chercheurs au sein des laboratoires consiste à réaliser des innovations sur les systèmes existants, les inventions et innovations radicales qui conduisent à la création de nouveaux systèmes relèvent de l'activité des chercheurs extérieurs aux laboratoires des entreprises.

Un changement est apparu dans cette conception du monde de la recherche lorsqu'une découverte importante relative au comportement des électrons a été faite au sein du laboratoire de recherche d'ATT, en 1911. La nature des activités de recherche dans un laboratoire industriel s'est peu à peu modifiée: au lieu de travailler à concevoir et mettre

au point un produit précis, les chercheurs anticipaient différentes possibilités d'application des recherches fondamentales qu'ils effectuaient.

Dès cette époque, l'activité dans les laboratoires des entreprises s'est développée dans le cadre de relations étroites avec l'université. D'une part, les chercheurs sont issus de l'université, et d'autre part, ils gardent des contacts étroits avec les professeurs et les chercheurs universitaires. Ainsi, lors de la création du laboratoire de recherche d'ATT, le responsable de ce nouveau laboratoire a fait appel à un de ses anciens professeurs, physicien à l'université de Chicago, qui lui a envoyé plusieurs de ses meilleurs étudiants. De même, des relations étroites sont rapidement établies au sein de la communauté scientifique entre les chercheurs des différents pays, notamment entre les Américains et les Allemands. Ces derniers avaient mis en place un système de recherche déjà très performant, en particulier dans le domaine de la chimie, une des principales caractéristiques étant l'établissement d'interactions fortes entre les laboratoires industriels et les équipes de recherche dans les universités. Par ailleurs, plusieurs chercheurs américains, notamment Willis Whitney, le premier directeur du laboratoire de la General Electric, avaient fait une partie de leurs études en Allemagne.

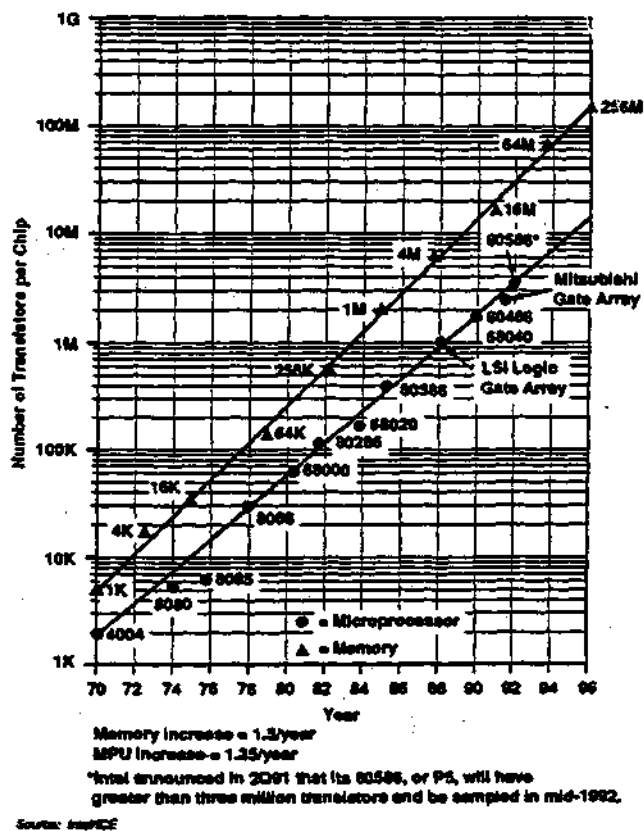
Dans ce contexte, les responsables des laboratoires industriels sont rapidement confrontés à un nouveau type de problème, celui de maintenir un niveau de recherche scientifique élevé et de favoriser les innovations fondamentales dans les laboratoires. Dans ce but, le directeur du laboratoire de la compagnie General Electric cherche à recréer l'ambiance d'un laboratoire universitaire dans lequel les chercheurs bénéficient d'une certaine liberté et d'une souplesse d'action. L'objectif est non seulement de créer un environnement propice à la recherche mais également d'attirer les chercheurs universitaires, ce qui implique l'établissement, au sein de l'entreprise, d'une certaine distance entre les chercheurs et les autres catégories de personnel.

Favoriser la recherche exploratoire et l'apparition d'innovations révolutionnaires reste aujourd'hui une question centrale dans les entreprises (Roussel, Saad and Erickson, 1991; Hounshell and Smith, 1988). Toutefois compte tenu des nouveaux enjeux qui apparaissent dans le contexte actuel, la réponse ne peut plus être la même. La nécessité de rapprocher la recherche et l'activité industrielle et commerciale au sein des firmes amène à faire travailler ensemble les chercheurs et les ingénieurs de

développement et de production. L'entreprise ne peut plus désormais fonctionner en isolant ses laboratoires de recherche des autres unités.

b) L'évolution du cycle d'innovation dans l'électronique

Les innovations révolutionnaires, à la base de la croissance du secteur de l'électronique, sont apparues après la deuxième guerre mondiale (invention du transistor en 1947 dans les laboratoires Bell), et surtout dans les années 50. Au cours des trente dernières années, l'innovation a suivi un processus par améliorations successives, à un rythme très régulier (Benzoni, 1991). Ainsi, le niveau d'intégration des transistors sur les puces électroniques a augmenté selon une moyenne de 35 % à 50% par an pendant les vingt dernières années et ce rythme est appelé à se poursuivre; les mémoires MOS devraient contenir 256 millions de transistors en 1996 et plus d'un milliard en l'an 2000².



IC Density Trends

² Status 1992. A report on the integrated circuit industry. Ed. by William I. Strauss. Scottsdale, Arizona: Integrated Circuit Engineering Corporation.

Les premières étapes du processus d'amélioration ont consisté, d'une part, à réduire les coûts en utilisant du silicium à la place du germanium, matériau très cher à partir duquel ont été fabriqués les premiers transistors, et d'autre part, à simplifier les techniques de fabrication. Trois innovations clés apparaissent en 1958 et 1959, qui vont orienter l'évolution du processus technologique: le transistor "planar", le circuit intégré et le transistor à "effet de champ" qui donnera naissance à la technologie MOS (Metal-Oxyde-Semiconductor). En limitant, d'une part, les nouvelles voies technologiques possibles et en proposant, d'autre part, de nouvelles opportunités de développement, elles vont permettre d'accélérer le rythme d'innovation. Les multiples innovations qui ont suivi ces développements sont axées principalement sur l'accroissement de l'intégration consistant à augmenter le nombre d'éléments sur une même surface de silicium, et sur l'assemblage des éléments en surface afin de faciliter la fabrication. Ceci s'est traduit par une série de développements techniques visant à diminuer les largeurs de gravure et à réduire les tensions d'alimentation.

Les limites de ce processus sont à la fois théoriques et pratiques. Les premières sont liées aux lois physiques, le nombre maximum de composants pouvant être intégrés sur un circuit étant de un milliard. Les deuxièmes concernent les procédés de production utilisés: intégrer un nombre croissant d'éléments sur une même surface de silicium suppose de mettre au point les techniques de fabrication permettant la réalisation pratique de ces puces électroniques.

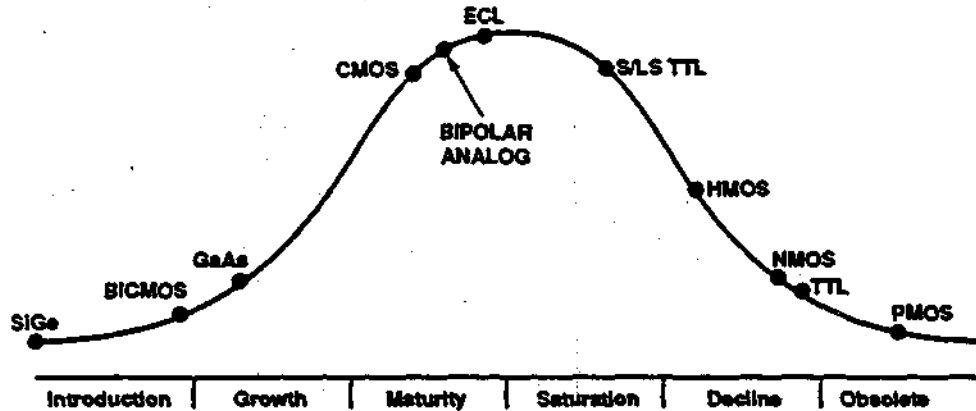
Depuis le début des années 50, la nature de l'activité d'innovation a fortement évolué. Alors que dans les années 50 il s'agissait de sélectionner une voie technologique, à partir des années 60, l'activité consiste à développer des innovations dont les principales caractéristiques sont spécifiées au départ. Les années 60 sont également marquées par des techniques de production encore peu maîtrisées et des activités commerciales relativement peu organisées; de même les stratégies des entreprises et les marchés ne sont pas encore véritablement établis.

A partir des années 70, les innovations sont basées sur des principes scientifiques et techniques bien établis: "dans le cas des circuits intégrés, le paradigme est désormais borné: le niveau d'intégration doit passer de deux composants sur une puce à près d'un milliard, mais il manque une donnée essentielle: à quelle échéance ? En d'autres termes,

selon quel rythme doit s'effectuer la succession d'innovations qui permettra d'épuiser le potentiel du paradigme technologique nouvellement instauré ?" (Benzoni, 1991).

Cette évolution conduit à se poser la question de savoir où se situe la période actuelle dans le cycle d'innovation technologique. L'existence de voies technologiques et de principes scientifiques bien définis pourraient amener à la situer dans une phase de maturité. Toutefois la nature et le nombre des innovations actuelles concernant autant les produits que les processus, la redéfinition des stratégies des entreprises, les limites floues de certains marchés sont plutôt les caractéristiques d'une phase de croissance; de plus, la possibilité de repousser des limites théoriques telles que la contrainte physique du nombre maximum de composants (par l'augmentation de la surface des puces), peut entraîner l'ouverture de nouvelles voies technologiques.

La courbe du cycle de vie des technologies utilisées dans la production des circuits intégrés établie par ICE³ met en évidence l'émergence de nouvelles technologies.



Process Technology Lifecycle (1991)

source: ICE, 1992

³ Status 1992. A report on the integrated circuit industry. Ed. by William I. Strauss. Scottsdale, Arizona: Integrated Circuit Engineering Corporation.

2 - Le contrats actuel

a.) Un environnement incertain

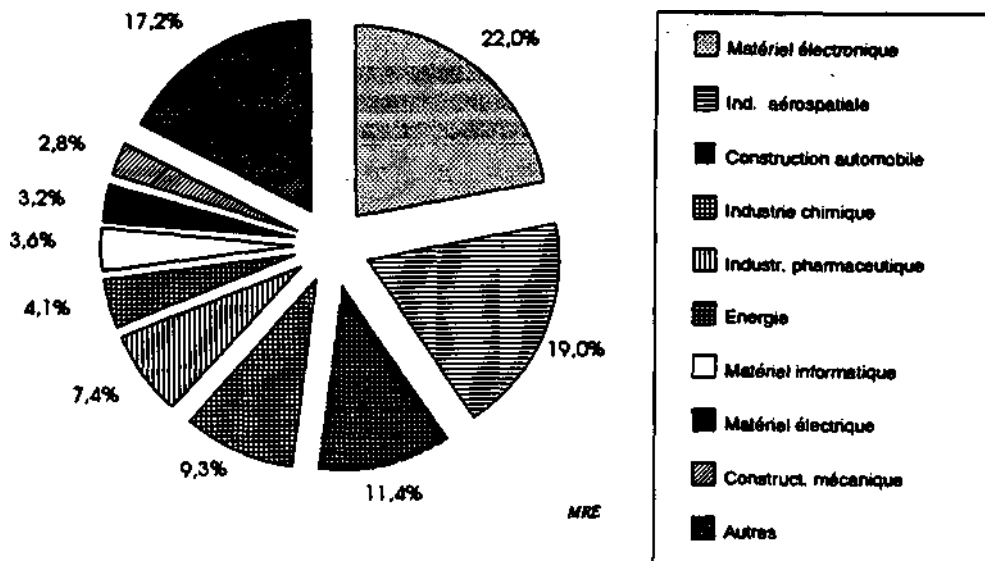
Le contexte actuel est marqué non seulement par un accroissement de la concurrence mais surtout par une transformation de la nature de la compétitivité industrielle (Abernathy, Clark and Kantrow, 1983). Cette mutation se caractérise notamment par le rôle de plus en plus stratégique du développement technologique. La maîtrise des techniques nouvelles devient une condition indispensable pour assurer la compétitivité d'une entreprise.

L'électronique est une branche d'activité particulièrement sensible à cette évolution. Ainsi, en France en 1990, l'électronique est le secteur dans lequel le niveau de dépenses de R-D est le plus élevé. Il représente 22% du montant total des dépenses intérieures de recherche et développement effectuées par l'industrie.

| | |
|-------------------------|-------|
| Electronique | 22% |
| Aéronautique | 19% |
| Construction automobile | 11,4% |
| Chimie | 9,3% |
| Pharmacie | 7,4% |

source: Ministère de la Recherche et de l'Espace

Répartition des dépenses intérieures de R-D par branches d'activité en 1990



Toutefois la maîtrise des technologies devient difficile à réaliser compte tenu, d'une part, du rythme de plus en plus rapide de leur évolution et, d'autre part, de la structure actuelle des entreprises. L'industrie fonctionnait traditionnellement à partir de technologies stables et maîtrisées qui permettaient d'assurer une production en grandes séries. Les entreprises ont à faire face actuellement à une demande qui change de nature et qui se caractérise à la fois par une exigence croissante de qualité et de variété des produits et par une variation des quantités demandées. Les problèmes se posent non seulement en termes de coûts et de qualité des produits mais aussi en termes d'adaptation des capacités de production. Il en résulte une nécessité croissante de modification des structures et de l'organisation des entreprises, qui ne peuvent plus être basées sur la stabilité des technologies. De même, la mise en place de véritables stratégies technologiques devient indispensable (Roussel, Saad and Erickson, 1991).

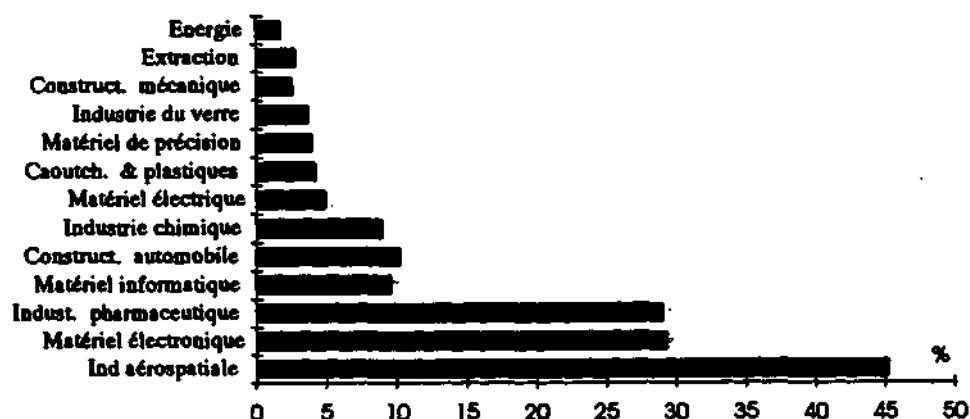
Par ailleurs, l'ouverture des frontières entre les pays fait disparaître progressivement les niches et les marchés protégés et entraîne une augmentation de la concurrence. L'enjeu, dans cette situation fortement concurrentielle, est très grand: il se traduit par la possibilité pour les gagnants non seulement de s'assurer les meilleurs bénéfices mais surtout de définir les nouvelles règles de la compétitivité et de la concurrence.

Les difficultés qui apparaissent dans ce contexte sont renforcées par la stratégie des entreprises japonaises; "l'industrie japonaise a emprunté une trajectoire de développement de sa compétence technologique qui a permis de faire émerger de nouveaux principes d'efficacité industrielle" (Fleury, 1990). Cette dynamique, basée sur le développement de la compétence technologique, consiste à centrer l'activité sur les innovations différentielles de façon, d'une part, à acquérir un certain niveau de connaissances et de savoir-faire, et d'autre part, à établir des pratiques sociales, qui permettront ensuite de mettre au point des innovations plus radicales: "l'important est que ces innovations radicales, voire révolutionnaires, procèdent de l'acquis constitué autour des innovations différentielles" (Hirata et Zarifian, 1990). Par la mise en oeuvre d'une telle dynamique, les entreprises japonaises se donnent les moyens de développer de nouveaux éléments de compétitivité. Dans la période actuelle de sortie de crise, de tels atouts relatifs à la maîtrise du développement technologique constituent un avantage concurrentiel déterminant.

Selon P. Delmas (1991), le développement de la concurrence japonaise a également renforcé le sens de la valeur de la technologie et de son contrôle. La technologie est apparue comme la principale source de richesse lorsque le prix des matières premières a fortement augmenté dans les années 70. Avec la mise en place de stratégies d'acquisition du savoir technologique par les entreprises japonaises, les pays occidentaux qui jusque là en avaient la maîtrise exclusive, ont pris conscience de l'enjeu qu'il représentait.

Cet enjeu technologique est particulièrement ressenti dans l'industrie électronique. L'exemple de la France montre que la part des dépenses intérieures de R-D dans la valeur ajoutée de cette branche est parmi les plus élevées; en 1989, la R-D représente 29% de la valeur ajoutée dans l'électronique, 45% dans l'aérospatial, 29% dans la pharmacie et 10% dans le matériel informatique alors que la moyenne pour l'ensemble des branches se situe autour de 4%⁴.

Part des dépenses intérieures de R-D dans la valeur ajoutée des branches en 1990



source: Ministère de la Recherche et de l'Espace, INSEE

⁴ Recherche et développement dans les entreprises. Rapport Statistique 1992; Ministère de la Recherche et de l'Espace.

Par ailleurs, le contrôle de la technologie a été accru et le nombre de brevets déposés a fortement augmenté dans tous les pays. Parallèlement, de nouvelles pratiques apparaissent; notamment, les entreprises occidentales vendent moins de technologie et en échangent plus, le contrôle sur les transferts eux-mêmes est accru et la disponibilité des technologies est réduite.

b) Un environnement de plus en plus complexe

- l'accroissement de la complexité technologique

La complexité technologique s'accroît dans tous les domaines; elle est particulièrement mise en évidence dans le secteur de l'électronique.

On observe tout d'abord une augmentation du nombre de composants dans un produit donné et, parallèlement, une remontée en amont de la complexité. L'exemple du téléviseur à haute définition est significatif: il comportera environ dix fois plus de composants électroniques que les récepteurs actuels; la mise au point de chaque composant fait intervenir des connaissances allant du domaine des semiconducteurs à celui du software, et sont utilisées pour produire différents types de composants et non pas seulement ceux que demande la TVHD (Bakis, 1991).

Cette complexité apparaît également en ce qui concerne la variété des composants d'un produit et le niveau de spécialisation de plus en plus élevé requis pour leur mise au point. Ici encore la TVHD constitue un bon exemple de cette évolution: la variété des éléments qui composent ce produit est telle que, derrière ce marché, se profile l'ensemble de l'industrie électronique, du secteur des semiconducteurs à celui des écrans plats en passant par le domaine des techniques de diffusion et de réception. Le niveau de développement technologique des composants augmente également; de plus en plus les produits, y compris les produits de grande diffusion et en particulier la TVHD, incorporent une fraction croissante de haute technologie. L'utilisation de plus en plus fréquente des technologies du secteur civil par les industriels du domaine militaire, dans le cas par exemple des écrans plats à cristaux liquides, illustre cette évolution.

En ce qui concerne les outils informatiques utilisés par l'entreprise, l'accroissement de la complexité se concrétise par la sophistication croissante des logiciels et des matériels informatiques concernant toutes les activités de l'entreprise et notamment la R-D. Dans ce domaine, la complexité augmente à tous les niveaux, d'une part, en ce qui concerne les outils développés par la R-D et utilisés dans l'activité courante de l'entreprise et d'autre part, du point de vue des logiciels et des matériels utilisés pour le développement des activités de recherche elles-mêmes. Dans le secteur des ASIC les nouveaux circuits spécifiques prennent de plus en plus la forme de réseaux programmables: ces circuits sont fabriqués en grandes séries et leurs composants sont intégrés à l'aide d'un logiciel. Pour accroître les performances des circuits, les logiciels deviennent plus complexes.

La complexité de l'environnement de la firme sur le plan technique est renforcée par une tendance à raisonner moins sur des objets identifiables et plus sur des fonctions. Cette évolution est particulièrement nette dans le secteur des circuits intégrés à application spécifique: les ASIC se définissent de moins en moins comme des "circuits-composants", qui sont placés dans un produit ou un système; ils deviennent des "circuits-fonctions", la mise au point d'un nouveau produit consistant alors en un assemblage de fonctions. Ainsi dans le cadre du RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services), on voit des sociétés se lancer dans la mise au point de circuits spécifiques assurant une fonction particulière au sein du réseau.

- l'accroissement de la complexité organisationnelle

L'environnement de l'entreprise devient particulièrement complexe dans le domaine de la gestion et de l'organisation. On observe à la fois une complexité d'abondance et de sens (Moison, 1991).

La complexité d'abondance apparaît tout d'abord au niveau des produits. La demande, sur le marché, de plus en plus diversifiée, implique une plus grande variété des produits offerts par les entreprises. Il en résulte, dans les firmes, une superposition des objets: les entreprises travaillent sur plusieurs produits à la fois, gèrent plusieurs projets simultanément. La complexité apparaît également en ce qui concerne les formes d'organisation mises en place pour prendre en charge ces projets; les structures

d'organisation de type transversal se multiplient dans les entreprises et prennent des formes diverses tant en ce qui concerne les catégories d'acteurs impliqués que les modes de fonctionnement mis en place. Cette diversification des organisations pose non seulement des problèmes internes de coordination mais également des problèmes d'articulation, d'une part, avec l'organisation verticale de la firme, et d'autre part, avec son environnement.

La complexité de sens est plus particulièrement ressentie lors de la mise en place de projets d'innovation: les acteurs n'ont pas toujours la même représentation du projet à développer. L'ambiguïté quant au sens apparaît également lors de la mise en oeuvre de réseaux de partenariat: les acteurs externes intégrés dans ces réseaux ont des comportements et des modes de fonctionnement de moins en moins identifiables à des catégories existantes (laboratoire public, entreprise privée...); l'ambiguïté résulte de la tendance à repérer les partenaires au sein du réseau par leur comportement institutionnel plutôt que par leurs pratiques réelles.

Face à cette évolution la question se pose de savoir si le foisonnement observé actuellement est appelé à se stabiliser dans le cadre d'une organisation complexe, ou si cette période est un moment de complexité temporaire appelée à évoluer vers une organisation plus simple.

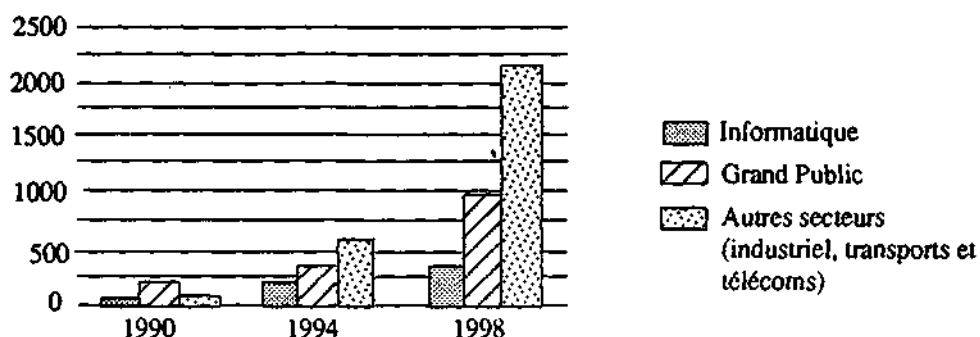
c) La différenciation des enjeux

On assiste dans la période actuelle à une différenciation croissante des enjeux selon les produits et les clients. Dans les entreprises appartenant à des secteurs de haute technologie, une différenciation des enjeux apparaît également selon la phase de maturation de la technologie. L'étude effectuée dans le secteur de l'électronique et plus particulièrement sur deux types de produits nouveaux, les écrans plats à cristaux liquides et les circuits spécifiques, va nous servir de base à une réflexion sur l'évolution des enjeux, leurs critères de différenciation et la manière dont ils agissent sur l'organisation de l'entreprise, notamment sur la R-D.

Dans le cas des écrans LCD, l'enjeu majeur actuellement pour les entreprises est de savoir se placer sur le marché; compte tenu de l'état actuel des technologies, encore peu

maîtrisées, des choix restent à faire: il s'agit de développer les technologies qui permettent de rentabiliser l'entrée sur les segments de marché considérés (voir annexe "Les écrans à cristaux liquides").

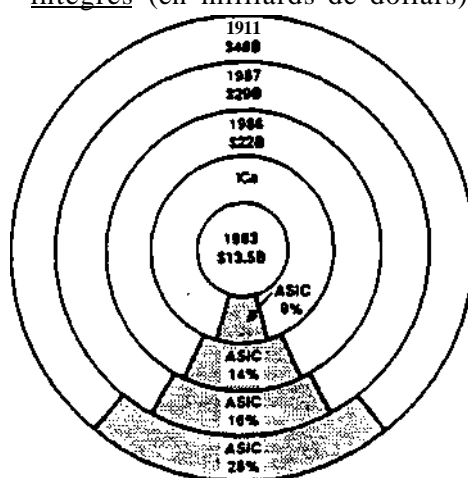
Marché mondial des écrans LCD à matrice active⁵ (en millions de dollars)



source: Stanford Resources 1991, Electronique Hebdo

En ce qui concerne le marché des circuits spécifiques, le principal enjeu consiste à élargir le marché, soit par la création d'un nouveau marché, en proposant des circuits assurant des fonctions différentes de celles assurées par les circuits standards, soit par le remplacement des circuits standards (voir annexe "Les circuits spécifiques").

La croissance du marché mondial des ASIC par rapport au marché global des circuits intégrés (en milliards de dollars)



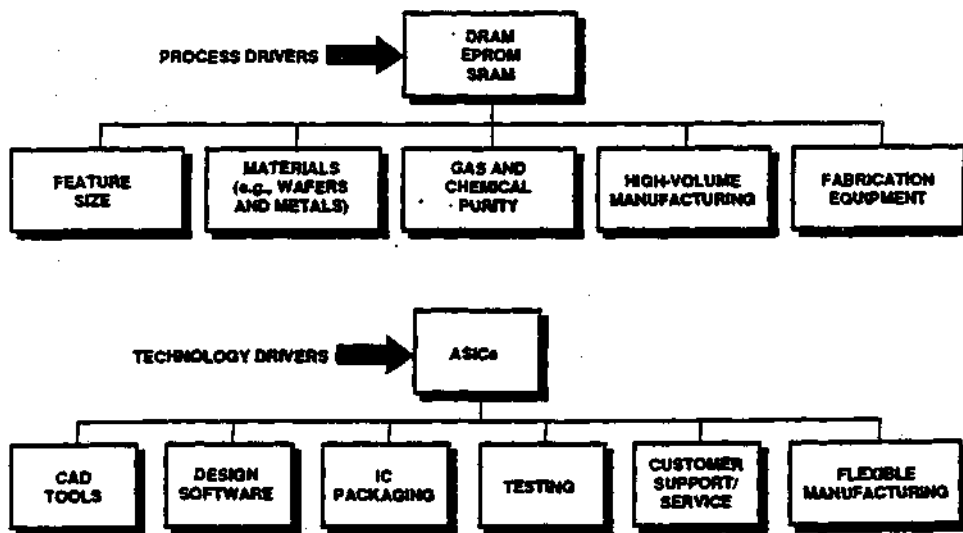
Tr* Growing Worldwtd» Ntorchint ASICMarkM Source: ICE, 1991

⁵ Parmi les différentes technologies d'écrans plats, la technologie des écrans LCD à matrice active est la plus performante et représente des enjeux commerciaux importants mais n'est encore qu'en phase de développement.

- selon la nature du produit

En ce qui concerne les ASIC, les enjeux sont liés d'une part, aux principales caractéristiques du processus de développement de ce type de circuit, à savoir la relation forte qu'entretient l'entreprise avec le client et, d'autre part, à la nature de l'évolution technique dans ce domaine.

Du point de vue de l'évolution technique, la mise au point de certaines innovations introduisent des mutations fondamentales dans le processus de développement. Les circuits ne sont plus spécifiés par le fondeur lors de leur fabrication, la spécification est retardée. La personnalisation des circuits est réalisée à l'aide de logiciels après la phase de fabrication industrielle. Les recherches concernent donc moins les technologies industrielles et plus les outils informatiques. Selon ICE⁶, les ASIC sont appelés à jouer un rôle moteur, en particulier dans ce domaine, pour l'ensemble de l'industrie électronique. Le schéma établi par ICE montre les différents enjeux du développement technologique dans le domaine des mémoires et dans celui des circuits spécifiques.



"Drivers" in the IC Industry

source: ICE,1992

⁶ Status 1992. A report on the integrated circuit industry. Ed. by William I. Strauss, Arizona: Integrated Circuit Engineering Corporation.

- selon le client

. la différenciation civil/militaire: les enjeux, tant du point de vue des ASIC que des écrans plats à cristaux liquides, varient fortement selon que le client appartient aux secteurs civil ou militaire. La nature du client a un effet sur les technologies elles-mêmes: le développement des technologies "duales", utilisées à la fois dans l'industrie civile et militaire, n'efface pas les différences entre ces deux secteurs: l'adaptation aux spécificités des matériels militaires représente encore un effort très conséquent (Weisbuch, 1991).

Selon le type de client concerné les enjeux en matière d'innovation sont différents: pour les militaires, il s'agit de mettre au point des produits spéciaux, prenant en compte des contraintes spécifiques à cette industrie, et pour le marché civil l'objectif est de développer l'innovation "sur mesure", adaptée à chaque entreprise cliente. Il en découle la mise en place de différentes formes de structures partenariales pour gérer le processus. En ce qui concerne les ASIC dans le secteur militaire, le réseau partenarial fait intervenir un nombre important de partenaires internes compétents sur des sujets très précis et des clients ayant déjà un bon niveau de connaissances scientifiques et techniques; dans le secteur civil, les relations partenariales sont plus étroites et "bilatérales", les clients ayant un nombre limité d'interlocuteurs dans la firme.

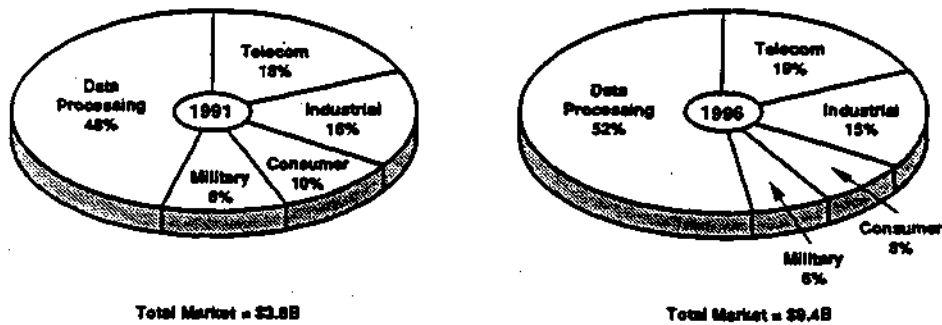
La différenciation des enjeux selon les clients se traduit souvent par une organisation différente selon les clients au sein d'une même entreprise. Ainsi, dans le groupe Thomson, les activités de développement et de production des ASIC pour le secteur civil relèvent de la filiale SGS-Thomson, les unités réalisant les ASIC militaires sont intégrées dans la structure de Thomson-CSF.

La taille du marché, variable selon le secteur, a un impact important sur le développement des recherches et l'organisation interne du processus. En ce qui concerne la production d'écrans plats pour le secteur militaire, le passage à l'industrialisation ne pose pas de véritable problème, l'ordre de grandeur des séries industrielles étant comparable à celui des séries prototypes. La situation est différente dans le secteur de l'électronique Grand Public où les écrans doivent être produits en

grandes séries; le passage à l'industrialisation est plus difficile et suppose notamment que les contraintes de fabrication soient prises en compte dès la phase de R-D.

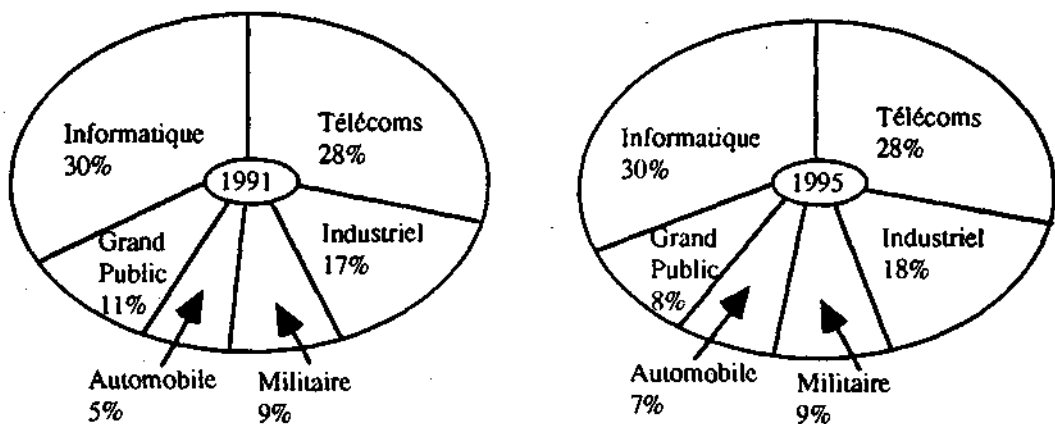
. les utilisateurs dans le secteur civil: les principaux secteurs consommateurs de circuits spécifiques sont les télécommunications et l'informatique.

Le marché mondial des circuits prédifusés:
les principaux secteurs de consommation en 1991 et 1996



source: ICE, 1992

ASIC: les principaux secteurs de consommation en Europe en 1991 et 1995



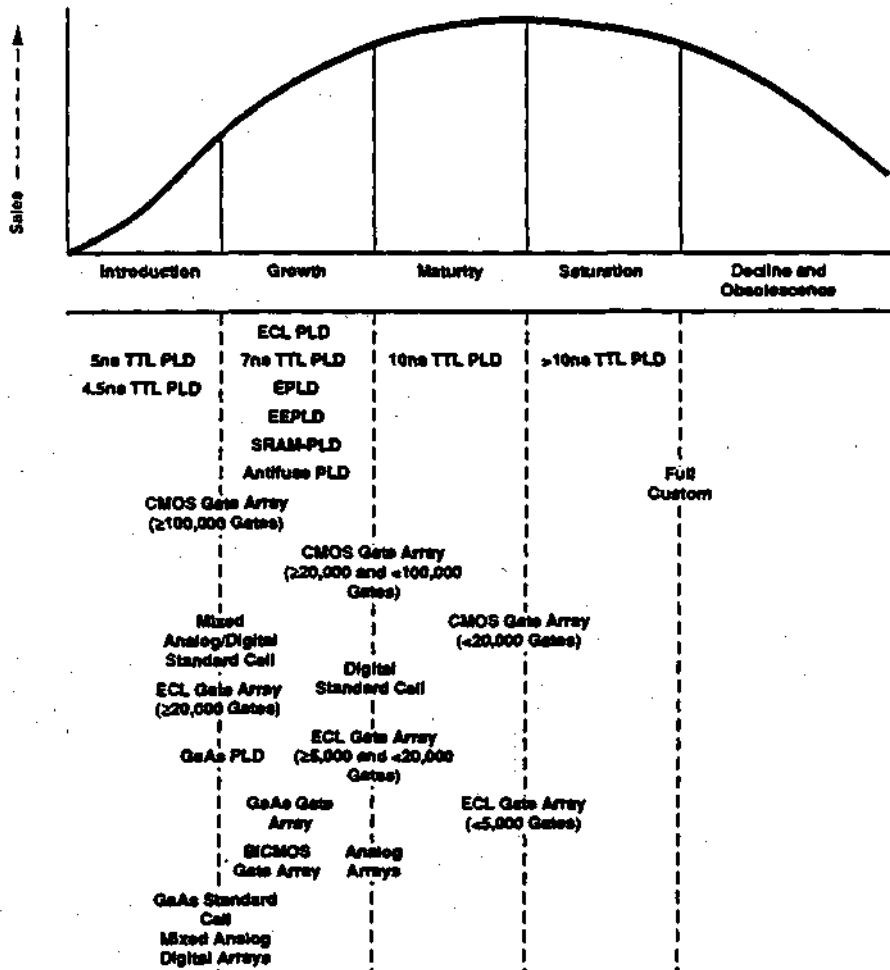
source: Dataquest, Electronique Hebdo

Les enjeux varient selon les secteurs civils utilisateurs, ce qui explique en partie l'entrée des équipementiers sur le marché des ASIC; la complexité des systèmes fait appel à des compétences spécifiques de la part des concepteurs de circuits, que les fabricants de circuits intégrés ne possèdent pas. Parallèlement, des tentatives de transversalisation des technologies ASIC sont actuellement effectuées par les fabricants, dans le but d'accroître les volumes de vente d'un circuit donné. Ainsi, dans le groupe Philips, l'activité de conception et de production de circuits ASIC de petites séries est progressivement transférée vers des partenaires externes, notamment à l'entreprise ES2 spécialisée dans ce domaine; Philips concentre ses efforts sur "l'innovation système", qui consiste à mettre au point des circuits adaptés à plusieurs domaines d'utilisation.

- selon la phase de maturation de la technologie

Les différentes technologies d'écrans plats sont aujourd'hui dans une phase amont de leur développement; le produit n'est pas stabilisé. La situation est différente en ce qui concerne les circuits spécifiques: les recherches réalisées actuellement consistent à améliorer un produit qui existe. Les technologies ASIC sont relativement nombreuses, certaines sont bien maîtrisées et ont atteint une phase de maturité, d'autres sont en phase d'émergence ou de croissance.

Le cycle de vie des différentes technologies ASIC



source: ICE, 1992

Les enjeux sont différents selon l'état de maturation des technologies. Dans le cas des écrans plats, il s'agit de gagner des parts de marché; pour Thomson, l'enjeu est de renforcer sa position d'une part, sur le marché de l'électronique/avionique et d'autre part, sur celui de l'électronique Grand Public. En ce qui concerne les ASIC, l'objectif est de développer des produits en grande quantité mais "sur mesure" et donc de résoudre des problèmes de flexibilité industrielle et de coûts, dans les différentes technologies.

Le stade d'évolution technologique d'un produit constitue un facteur important pour l'élaboration des stratégies d'organisation. On observe, en particulier, des différences au niveau des structures de partenariat mises en place: les ASIC se développent dans le cadre de réseaux associant l'entreprise et le client, alors que la mise au point des écrans plats se fait dans le cadre de réseaux plus larges mettant en contact plusieurs entreprises, organismes de recherche et centres d'études.

Section 2 - Evolution et ambiguïté du rôle des pouvoirs publics

1 - Mise en place d'une politique à finalité industrielle et commerciale et interaction avec la politique européenne: le cas de la France⁷

Depuis le début des années 80 la politique publique en matière de financement de projets technologiques a subi de profondes mutations; le soutien de projets portant sur des thèmes diversifiés a été abandonné et on assiste actuellement à une évolution vers un ciblage des sujets et des entreprises financés. Cette évolution a été renforcée par l'introduction de l'échelon européen dans l'environnement institutionnel des entreprises.

a) La réorientation de la politique publique nationale

Jusqu'au milieu des années 80, la politique publique en matière de recherche consistait à soutenir l'intérêt technologique et stratégique plus que l'intérêt économique. L'objectif poursuivi était d'assurer une diversification technologique la plus large possible, de constituer une réserve d'innovations potentielles pour maximiser la probabilité de mise au point d'innovations révolutionnaires, et de développer des solutions alternatives dans le cas où la voie technologique choisie s'avérerait difficile à poursuivre ou sans intérêt.

Le soutien du Ministère de l'Industrie, en particulier au sein du secteur de l'électronique, était considéré comme un certificat de bon choix technologique. Dans cette période, l'Etat a souvent encouragé les entreprises à réaliser des diversifications technologiques

⁷ Entretien avec Didier Huck, Direction Générale de l'Industrie, Ministère de l'Industrie et du Commerce Extérieur, 12 septembre 1991.

qui se sont traduites dans plusieurs cas par l'émergence de difficultés pouvant aller jusqu'à la disparition de l'entreprise; les firmes étaient souvent incitées à poursuivre des voies technologiques qui ne débouchaient pas ensuite sur l'industrialisation ou la commercialisation des produits.

Par ailleurs, cette politique était à l'origine de gaspillages importants: les entreprises qui bénéficiaient d'aides financières, n'étaient pas motivées par le choix technologique réalisé; lors de l'apparition de difficultés ou au moment de décisions stratégiques à prendre sur la poursuite du projet, elles se désengageaient. Dans la plupart des cas, elles continuaient à développer les projets lancés, mais n'ayant pas de financements complémentaires extérieurs, elles étaient rapidement confrontées à de nouvelles difficultés.

L'accroissement de la concurrence et l'accélération du changement technologique ainsi que la forte croissance du coût de la recherche ont amené les pouvoirs publics à agir avec une plus grande rigueur dans le financement et la sélection des projets technologiques.

Ainsi, à la fin des années 80, les pouvoirs publics mettent en place une politique de "soutien au produit commercialisable". Le processus d'attribution des aides est modifié: l'entreprise effectue un choix technologique, le Ministère de l'Industrie intervient ensuite pour soutenir les projets qui lui semblent fiables. Le cas du développement des écrans plats illustre cette évolution: au début des années 80, toutes les voies possibles d'évolution technologique ont été financées par les pouvoirs publics (LCD, plasma, micropointes...). Or, les résultats des recherches effectuées n'ont pas toujours été industrialisés par l'entreprise qui les a réalisées: la technologie développée par le LETI a été rachetée par l'entreprise japonaise Stanley, et plus récemment Thomson s'est retiré du projet de développement des micropointes, mis en oeuvre en collaboration avec le LETI. De telles expériences ont conduit le Ministère de l'Industrie à changer d'attitude: deux technologies semblent émerger actuellement, l'une développée par Thomson-LCD, l'autre par le CNET et la SAGEM, le financement public sera attribué au projet qui semblera le plus commercialisable.

Sur le plan pratique, la réorientation des objectifs des politiques publiques se traduit par la prise en compte d'une part, de l'évolution du marché et d'autre part, de l'état des structures financières des entreprises. En ce qui concerne l'introduction des contraintes du marché, le Ministère de l'Industrie a mis en place un système d'"avances remboursables" selon lequel les aides attribuées aux entreprises sont remboursées au prorata des ventes réelles en cas de succès. La prise en compte de l'évolution du marché se traduit également par des "appels à proposition" qui permettent, d'une part, de faire émerger des projets et d'autre part, de mettre les entreprises en concurrence. Cette forme d'action a été mise en oeuvre pour relancer le projet de développement des têtes magnétiques: il s'agit d'un projet associant Thomson-LCD et le LETI, pour lequel le soutien industriel était peu affirmé; un appel à proposition, lancé par le Ministère de l'Industrie sur ce thème, a fait l'objet de réponses intéressantes de la part de différentes sociétés, notamment d'Olivetti et de plusieurs sociétés américaines. La prise en considération de l'état des structures financières de l'entreprise a conduit à définir des critères précis d'évaluation de la capacité de la firme à assurer le remboursement des avances. Lorsque la structure financière de l'entreprise ne répond plus aux critères, le projet n'est plus financé.

Cette évolution des objectifs et des pratiques suppose de la part des entreprises, d'une part, une plus grande rigueur lors de l'élaboration des projets et, d'autre part, une meilleure cohérence entre les projets établis et la stratégie globale des firmes.

b) L'introduction de l'échelon européen

La politique européenne en matière de recherche a accéléré le changement d'orientation de la politique nationale. Des programmes tels que JESS1 ont été mis en place, dans le but de valoriser non seulement le développement des technologies mais aussi leurs applications. L'accent a été mis plus particulièrement sur les applications intégrées verticalement dans les groupes industriels afin de resserrer le lien avec le marché; ainsi les soixante ou soixante-dix projets JESS1 ont été récemment regroupés en une vingtaine de projets conducteurs structurés selon des domaines d'application définis, tels que l'automobile, la TVHD, la réception par satellite, les ASIC, la CAO ou les écrans. Le souci de la finalité industrielle et commerciale apparaît également dans les programmes visant à développer l'activité ASIC: le volet de JESSI, intitulé JESSICA,

aide les entreprises à concevoir et à définir les possibilités d'utilisation des ASIC; le programme PUCE prend le relais: il a pour but de promouvoir l'utilisation des circuits spécifiques.

La nouvelle tendance qui se dessine actuellement dans l'évolution de la politique de financement public des projets technologiques va plus loin dans la prise en compte de l'"aval": elle consiste à faire présenter le projet par l'utilisateur. Cette nouvelle pratique concerne en particulier l'industrie des circuits intégrés, dont le rôle est de mettre à la disposition de l'industriel demandeur, le circuit dont il a besoin. L'évolution vers ce type de pratique est renforcée par l'enjeu stratégique que représente, sur le marché mondial, le maintien d'une industrie compétitive en matière de semiconducteurs; dans ce secteur particulièrement coûteux, impliquer l'utilisateur dans la conception des projets peut être un moyen de réduire les coûts.

Toutefois, cette tendance est freinée par la politique de la communauté européenne, qui n'accorde des aides que lorsque le projet prévoit un soutien à la R-D. Il en découle une contradiction entre les deux politiques, qui pose des problèmes importants au niveau de la stratégie des entreprises; d'une part, les entreprises sont incitées à développer leurs activités de recherche et développement pour bénéficier de financements européens, et d'autre part, elles sont amenées à mettre l'accent sur l'industrialisation et la commercialisation au détriment de la R-D pour pouvoir prétendre à des aides du Ministère de l'Industrie. En ce qui concerne le programme EUREKA ces deux politiques se complètent: le Ministère accorde des subventions et non des avances remboursables aux projets labellisés EUREKA.

2 - L'ambiguïté de la politique publique en matière de recherche et d'innovation⁸

a) La coexistence de deux logiques d'action

L'ambiguïté du rôle des pouvoirs publics résulte de la coexistence de deux logiques d'action.

⁸ Entretien avec Philippe Delmas, Chargé de Mission auprès du Minisire des Affaires Etrangères, Cabinet du Ministre d'Etat, 13 janvier 1992.

La première a prévalu à partir de la fin de la seconde guerre mondiale jusqu'au milieu des années 80. Pendant cette période le rôle de l'Etat consiste soit à créer des structures de recherche soit à attribuer des financements. Cette alternative s'inscrit à la fois dans le temps et dans l'espace. On voit ainsi se succéder des périodes où l'Etat met en place des structures de recherche puis finance des actions de recherche. Les pouvoirs publics ont plutôt tendance à financer des programmes de recherche en RFA et à créer des structures en France.

La deuxième logique, qui se met en place actuellement, résulte de deux mutations contradictoires.

La première se traduit par un accroissement du niveau d'intervention des pouvoirs publics. Jusqu'à maintenant l'Etat laissait à l'industrie le choix des priorités, les initiatives des pouvoirs publics dans ce domaine s'étant révélées peu fructueuses du point de vue industriel et commercial; l'avion supersonique, le Concorde, constitue un exemple significatif de ce type de politique. Dans le cadre de la nouvelle politique, l'Etat, d'une part, intervient plus directement dans le choix des priorités, et d'autre pan, tend à prendre en compte l'entreprise plutôt que le secteur; on passe d'une période où les programmes étaient sectoriels, ciblés sur une branche, à une période où ils sont ciblés sur une firme. Cette évolution résulte notamment de l'échec des politiques de filière du type de celle développée en France pour la mise en place d'une filière électronique. Toutefois, la logique sectorielle existe toujours. L'Etat continue à effectuer des choix sur les secteurs à financer, avec pour objectif d'assurer la convergence des industriels au sein des secteurs choisis. L'Etat tend ainsi à être plus directif. Cette évolution est une tendance générale: les pouvoirs publics japonais mais aussi, sous une forme différente, l'Etat américain, sont également très directifs en matière de recherche.

La deuxième mutation consiste au contraire à laisser une certaine initiative aux industriels; elle assure le passage d'une politique axée sur la technologie à une politique mettant l'accent sur le marché et les contraintes économiques. Le rôle de l'Etat n'est plus seulement de garantir un fonds de recherche et de connaissances de base qu'il laisse diffuser dans le tissu industriel. L'effort de l'Etat doit permettre d'augmenter la compétitivité des entreprises, l'objectif final étant de maintenir ou

d'accroître leurs parts de marchés. La réalisation de cet objectif se traduit par une tendance à repousser les décisions vers l'aval, c'est-à-dire dans les entreprises.

La synthèse de ces deux mouvements contradictoires, choix des priorités par l'Etat et initiative industrielle, interfère avec la logique d'action traditionnelle de l'Etat, de soutien et d'encadrement de l'activité de recherche par la création de grosses structures ou l'attribution de financements importants, qui oriente encore aujourd'hui la politique publique. Cette évolution a pour effet de créer un environnement dans lequel la place et le rôle de l'Etat sont de plus en plus difficile à cerner.

b) Des problèmes pratiques différents selon les pays

- en Europe: dans un premier temps la politique de la communauté européenne s'est traduite par un certain niveau d'intervention. Des choix ont été faits quant aux secteurs à privilégier, qui se sont concrétisés notamment par la mise en place du programme ESPRIT. Puis la dimension relative au marché et la prise en compte de son évolution sont apparues essentielles et ont conduit à mettre en oeuvre le programme EUREKA. Ce débat et l'ambiguïté qui en résulte, existent également dans chaque pays.

En RFA, les grandes entreprises continuent à attendre de la part de l'Etat, des actions traditionnelles de financement ou de création d'infrastructures (laboratoires publics, centres de recherche communs...). Cependant, les pouvoirs publics ont tendance à modifier ce mode de fonctionnement, qui a pour effet de reproduire le système et l'environnement existants mais ne permettent pas de remplacer les technologies en phase de maturité par de nouveaux développements. Ainsi, l'Allemagne a une position relativement faible dans le secteur des biotechnologies alors que dans le domaine de l'électromécanique elle conserve une position forte. La politique mise en place actuellement par le gouvernement allemand tend à mettre en oeuvre une autre logique, basée à la fois sur la volonté de renouveler les grands systèmes techniques et sur la nécessité de conserver et de développer les liens qui ont été établis entre les petites et moyennes entreprises et les grandes firmes et qui constituent un des atouts du système allemand. L'idée de base étant que les composants constituent le moteur du développement technologique, l'Etat encourage la coopération entre les producteurs de

systèmes, pour la plupart des grandes firmes, et les fabricants de composants, ces derniers, en général des PME, étant plus innovants.

En France, la politique en matière de recherche était traditionnellement basée sur la logique des "champions nationaux" et des grands programmes technologiques. Des tentatives ont été faites au niveau de la communauté européenne pour poursuivre cette dynamique. Or, l'expérience réalisée dans le cadre de la TVHD n'a pas apporté les résultats espérés, l'association entre Philips et Thomson, notamment, s'est révélée trop délicate. Cependant, ce type de politique ne peut pas être totalement rejeté; l'exemple récent d'exportation de la technologie du TGV montre qu'elle peut apporter des résultats en termes de parts de marchés. La question qui se pose alors est de savoir si le rôle de l'Etat est de financer les grands programmes nationaux ou les produits qui vont se vendre sur le marché; dans le cadre d'une telle politique, l'Etat doit-il concentrer ses efforts sur la recherche amont et laisser les industriels gérer et financer les activités de développement, mettant ainsi en place une logique du type EUREKA ? Cette politique des champions nationaux pose, par ailleurs, le problème, particulièrement important en France, de la trop grande séparation entre un petit nombre de grandes firmes et le tissu de PME, situation qui risque d'avoir des effets négatifs sur le développement industriel.

Dans ce contexte, les responsables d'entreprises expriment encore une certaine réserve sur l'apport de la CEE dans le domaine de la recherche. Pour les industriels cet apport se traduit par une rationalisation et une augmentation des financements qui constituent une aide à faire fructifier les recherches qui ont lieu dans chaque Etat. Toutefois, ils ne croient pas à la contribution des structures européennes à l'effort de recherche, à la capacité des institutions et des actions européennes à développer des compétences dans des secteurs où les pays européens n'en ont pas. Le choix de Siemens, de se retirer de la coopération européenne pour le développement des mémoires et d'établir une collaboration avec IBM illustre cette situation.

- aux Etats-Unis: cette ambiguïté existe également aux USA où plusieurs types de politiques se développent. Au niveau national, on observe deux attitudes différentes. L'Etat crée les grandes infrastructures et laisse les universités et centres publics gérer les choix de recherche et valoriser les résultats, les aides qu'il accorde restant

cependant très sélectives. Au contraire, le Ministère de la Défense, jusqu'à maintenant, a cherché à mettre en place une recherche plus directive et une véritable politique de recherche exerçant des retombées technologiques sur le reste de l'économie. Au niveau des Etats et des villes les responsables des politiques publiques ont tendance à fédérer les efforts; ils tentent de mettre en place et de gérer des interfaces. Leur principal objectif est de maintenir un certain niveau de compétences dans les universités et d'assurer le couplage entre l'industrie et la recherche.

Chapitre 2

La R-D comme fonction dans l'entreprise: les modèles Philips, Thomson, Siemens

La recherche et développement s'affirme progressivement comme une fonction essentielle des grandes entreprises industrielles: non seulement la place qu'elle occupe aujourd'hui dans la structure globale de la firme est plus importante, mais encore des relations plus étroites sont établies avec les autres fonctions.

L'entreprise est traditionnellement organisée par fonctions. Les firmes industrielles se définissent par des fonctions qu'elles identifient à partir de l'analyse du rôle économique de l'entreprise et des opérations mises en oeuvre pour assurer ce rôle. Les fonctions sont ensuite regroupées et organisées en plusieurs directions ou départements, chacun assurant un rôle précis. Ce type de structure est de plus en plus remis en cause; cependant il constitue encore aujourd'hui le mode dominant d'organisation dans les entreprises.

En ce qui concerne les activités de recherche, celles-ci ont commencé à se développer dans les entreprises à la fin du XIX^{ème} siècle, en Allemagne et aux Etats-Unis. Dans un premier temps, elles ont fait l'objet de la création de laboratoires au sein des entreprises. Le développement des activités de recherche se mesure quantitativement par le nombre de laboratoires industriels qui a rapidement augmenté au début du XX^{ème} siècle: il est passé de 296 en 1920 à 1796 en 1938 (Hoddeson, 1981). Il se traduit également d'un point de vue qualitatif par l'augmentation des profits réalisés par les entreprises qui ont mis en place des laboratoires de recherche. L'ampleur prise par cette activité et les résultats obtenus conduisent progressivement les industriels à la considérer comme une nouvelle fonction de l'entreprise.

Après avoir été identifiée, la fonction de R-D a été dans un deuxième temps, formalisée dans l'organisation des firmes et matérialisée par la création de directions ou de départements de R-D. L'objectif de cette organisation est tout d'abord de contrôler l'activité exercée dans les laboratoires et de gérer l'utilisation des résultats par les autres fonctions de l'entreprise, notamment la production, et de plus en plus le marketing. Progressivement, la fonction de R-D est amenée à jouer

un rôle spécifique à partir duquel elle s'affirme dans la structure globale de la firme, face aux autres directions, départements ou services spécialisés.

Aujourd'hui, compte tenu des nouveaux enjeux économiques et technologiques, on assiste à une évolution du rôle et de la mission de la R-D; il s'agit de développer les connaissances et les compétences scientifiques et technologiques qui permettront à l'entreprise de fabriquer des produits nouveaux et d'améliorer sa compétitivité. La R-D intervient en amont du processus d'innovation à la fois comme source d'idées nouvelles et comme lieu de passage pour les innovations venant de l'extérieur. C'est de la réalisation de cette mission technique et scientifique qu'elle tire sa force.

Pour assurer cette mission, différents systèmes de R-D ont été mis en place. Dans le modèle classique d'organisation de type taylorien, ces systèmes fonctionnent de façon quasi isolée. La coopération avec les autres services spécialisés existe mais elle est passive et garantie par l'enchaînement séquentiel des tâches. Actuellement, la remise en cause de ce type de fonctionnement et la tendance dans les nouveaux modèles à rapprocher les fonctions entre elles se concrétisent sur le plan de l'organisation par la mise en place d'une coopération plus dynamique fondée sur la communication horizontale entre les différents services fonctionnels de la firme. Les nouvelles questions qui se posent dans le cadre des réorganisations, sont centrées sur des problèmes d'articulation entre les différentes fonctions, notamment de R-D, de production, de marketing, de personnel. Cette nouvelle approche de la place et du rôle de la R-D a pour effet d'ouvrir le système de recherche établi dans la firme, mais ne remet pas véritablement en cause la culture d'organisation par fonction, qui reste dominante.

Le maintien de cette culture et la place de la fonction de recherche et développement dans l'organisation de l'entreprise sont confirmés par les nombreux travaux sur les modèles de management des ressources technologiques et les tentatives d'application de ces modèles à la fonction de R-D dans les firmes. De tels développements théoriques et pratiques affirment le rôle capital d'une organisation et d'un pilotage efficaces de la R-D pour la compétitivité et l'avenir de l'entreprise. Ils ont notamment pour effet, non seulement d'assurer une meilleure intégration de la fonction de recherche et développement dans l'entreprise, mais aussi de renforcer la cohésion interne du système de R-D. De plus, en lui attribuant une nouvelle mission: la mise en place d'une stratégie de développement technologique plutôt que

la simple gestion de la R-D, ils renforcent le poids de la direction de la R-D au sein de l'entreprise.

Dans ce chapitre, nous analyserons la fonction de recherche et développement dans les trois compagnies Philips, Thomson et Siemens, en considérant tout d'abord le fonctionnement interne des systèmes mis en place; nous étudierons ensuite les relations établies par ces systèmes, d'une part, avec les autres fonctions de l'entreprise et, d'autre part, avec l'environnement de la firme; nous porterons enfin une attention plus particulière à l'organisation spatiale des activités de recherche et développement qui permettra de mieux comprendre le fonctionnement global des systèmes de R-D.

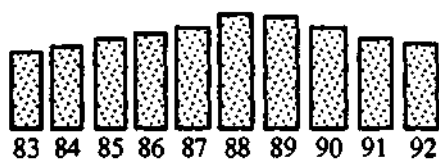
L'évolution des dépenses de R-D. du chiffre d'affaire et des effectifs dans les
compagnies Philips. Thomson. Siemens
(source: rapports annuels des compagnies)

Les dépenses de R-D

PHILIPS

Montants en millions de florins et pourcentages du chiffre d'affaire (1 Fl. = 3,00 FF)

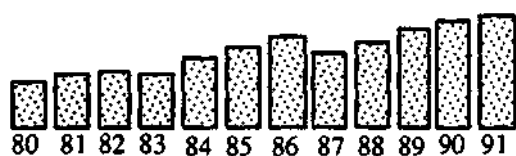
| 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 3304 | 3603 | 4011 | 4182 | 4364 | 4623 | 4557 | 4378 | 3870 | 3660 |
| 7,1% | 6,7% | 6,7% | 7,6% | 8,3% | 8,2% | 8% | 7,9% | 6,8% | 6,3% |



THOMSON

Montants en millions de F et pourcentages du chiffre d'affaire

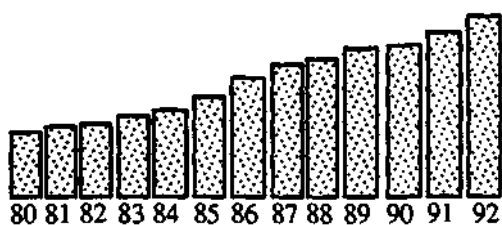
| 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 |
|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 3900 | 4400 | 4900 | 4600 | 5900 | 6900 | 7800 | 6600 | 7600 | 8400 | 9500 | 10000 |
| | 9,9% | 9,6% | 10,7% | 9,6% | 8,5% | 8% | 9,1% | 9,8% | 9,1% | 7,9% | 7,1% |



SIEMENS

Montants en millions de DM et pourcentages du chiffre d'affaire (1 DM = 3,40 FF)

| 79/80 | 80/81 | 81/82 | 82/83 | 83/84 | 84/85 | 85/86 | 86/87 | 87/88 | 88/89 | 89/90 | 90/91 | 91/92 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3100 | 3300 | 3400 | 3470 | 3803 | 4799 | 5401 | 6211 | 6480 | 6875 | 6980 | 7892 | 8385 |
| 9% | 9% | 8% | 8,8% | 8,3% | 8,8% | 11,5% | 12,1% | 10,9% | 11,2% | 11% | 10,8% | 11% |



Les chiffres d'affaires

PHILIPS

Montants en millions de florins

| 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 36536 | 42411 | 42991 | 46515 | 53804 | 60045 | 55037 | 52715 | 56079 | 57224 | 55764 | 56986 | 58527 |

THOMSON

Montants en millions de F

| 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 43650 | 47050 | 49450 | 57200 | 59200 | 62650 | 60182 | 75100 | 76663 | 75228 | 71277 |

SIEMENS

Montants en millions de DM

| 79/80 | 80/81 | 81/82 | 82/83 | 83/84 | 84/85 | 85/86 | 86/87 | 87/88 | 88/89 | 89/90 | 90/91 | 91/92 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 31960 | 34561 | 40106 | 39471 | 45819 | 54616 | 47023 | 51400 | 59374 | 61128 | 63185 | 73008 | 78509 |

Les effectifs (chiffres en milliers)

PHILIPS

| | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 |
| 336 | 343 | 344 | 345 | 344 | 337 | 310 | 305 | 273 | 240 | 252 |

THOMSON

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 |
| 128 | 129 | 129 | 107 | 112 | 107 | 104 | 86 | 104 | 100 | 105 | 105 |

SIEMENS

| | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 |
| 344 | 338 | 324 | 313 | 319 | 329 | 359 | 359 | 353 | 365 | 373 | 402 | 413 |

Section 1 - La distribution de la R-D dans l'organigramme de la firme • Le cas de Philips, Thomson et Siemens

Les activités de recherche et développement sont de moins en moins regroupées et isolées du reste de l'entreprise. L'étude des systèmes de R-D mis en place dans les trois firmes Thomson, Philips et Siemens montre que la fonction de recherche et développement, d'une part, assure plusieurs missions de décision, de gestion et de réalisation des activités de R-D et que, d'autre part, ces missions et ces activités sont réparties dans l'ensemble de l'organigramme de la firme et assurées par différentes entités.

Plusieurs types d'organisation ont été mis en place. Les structures observées sont comparables; on distingue globalement trois types d'entités et deux niveaux de recherche:

- une direction centrale de la R-D qui gère et coordonne les activités de recherche pour l'ensemble du groupe;
- des laboratoires centraux qui effectuent les recherches de base ou exploratoires: la plus grande partie de la R-D centrale est prise en charge à ce niveau; elle engage l'activité du groupe à long terme;
- des services ou départements de R-D, situés au sein des divisions-produits qui gèrent et réalisent la recherche appliquée et les activités de développement, orientées en fonction des besoins du marché.

Chaque entité a une fonction principale relativement bien définie. Toutefois, ce schéma s'applique de façon moins nette lorsqu'on considère l'activité réelle de chaque entité; il est de plus en plus difficile d'attribuer une catégorie de recherche et une mission précise à chaque type d'entité: certaines divisions réalisent des recherches de base, et de plus en plus, les laboratoires centraux sont amenés à participer à des travaux de pré-développement ou de développement.

Pour mieux comprendre à la fois les mécanismes de fonctionnement de ces systèmes et leur évolution, nous analyserons la distribution des activités de recherche, celle-ci comprenant non seulement la répartition des activités dans la structure de la firme mais aussi les modes d'articulation entre les entités réalisant ces activités. Quatre critères d'organisation ont été mis en évidence, à partir de l'analyse effectuée dans les trois groupes, Thomson, Philips et Siemens: la centralisation de la fonction de

direction de la recherche dans la structure de l'entreprise; la multiplicité des lieux réalisant des activités de recherche; l'articulation et la coordination des activités au sein du système de R-D; les modes de formalisation des relations entre les différents intervenants du système.

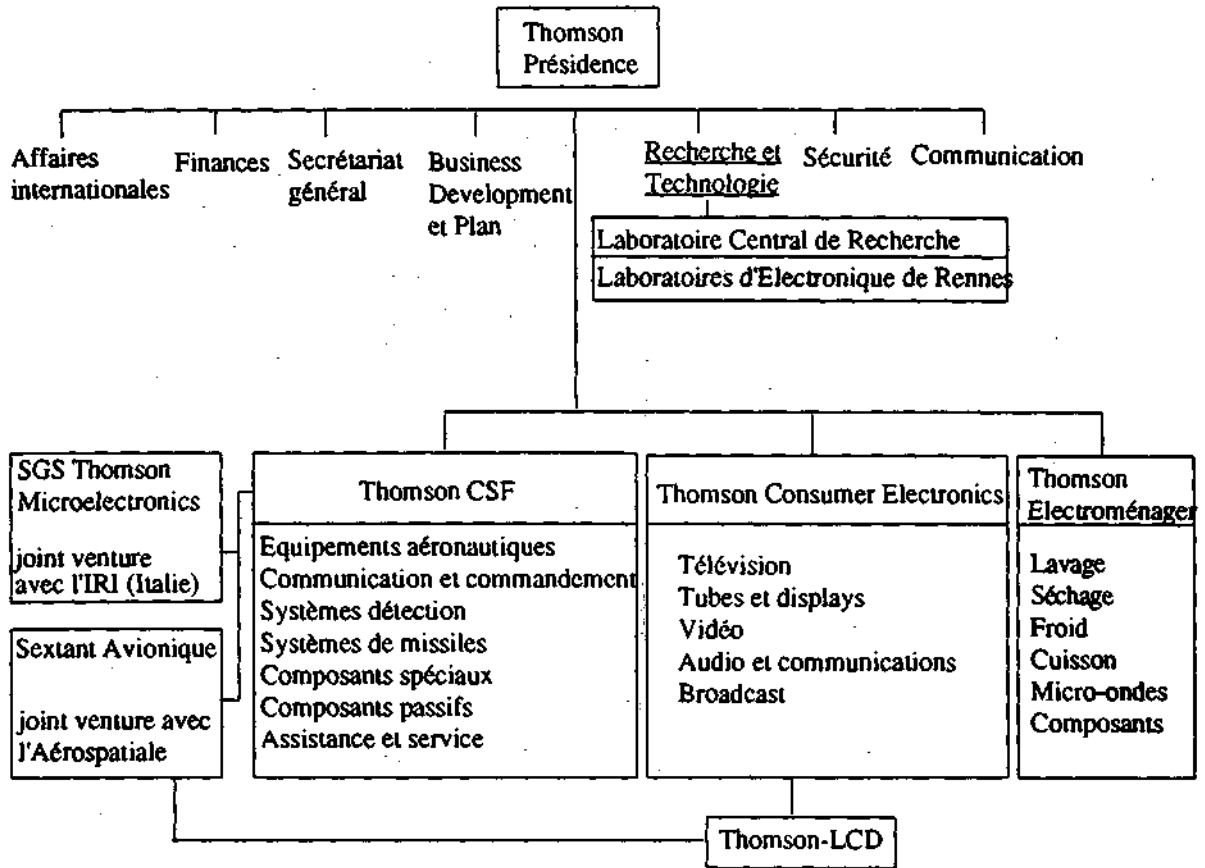
1 - La fonction de direction du système de R-D

Le degré et le niveau de centralisation de la R-D varient fonement d'une entreprise à l'autre. Centralisée dans le groupe Siemens, la R-D est à la fois distribuée et centralisée dans l'organisation de Philips. Au sein de Thomson, elle n'est pas fédérée au niveau du groupe. La centralisation de la fonction de direction au sein du système de R-D est en relation directe avec la forme et le rôle de la direction centrale de la recherche, différents d'une organisation à l'autre.

- Dans le groupe Thomson: la Direction de la Recherche est représentée par le Directeur de la Recherche et de la Technologie qui constitue le seul organe coordinateur au niveau du groupe. Directement relié à la Direction Générale de Thomson, il est chargé des décisions stratégiques en matière de R-D concernant tout le groupe. Les laboratoires centraux sont rattachés à la Direction de la Recherche et de la Technologie. La gestion et la réalisation des activités de recherche sont effectuées par différentes entités, dans les filiales et dans les laboratoires centraux, le LCR (Laboratoire Central de Recherche) à Paris et le LER (Laboratoires d'Electronique de Rennes)¹.

*La structure du groupe Thomson a été modifiée à la fin de l'année 1992: notamment, les Laboratoires d'Electronique de Rennes ont été intégrés au sein de Thomson-CSF et ne constituent plus un laboratoire central.

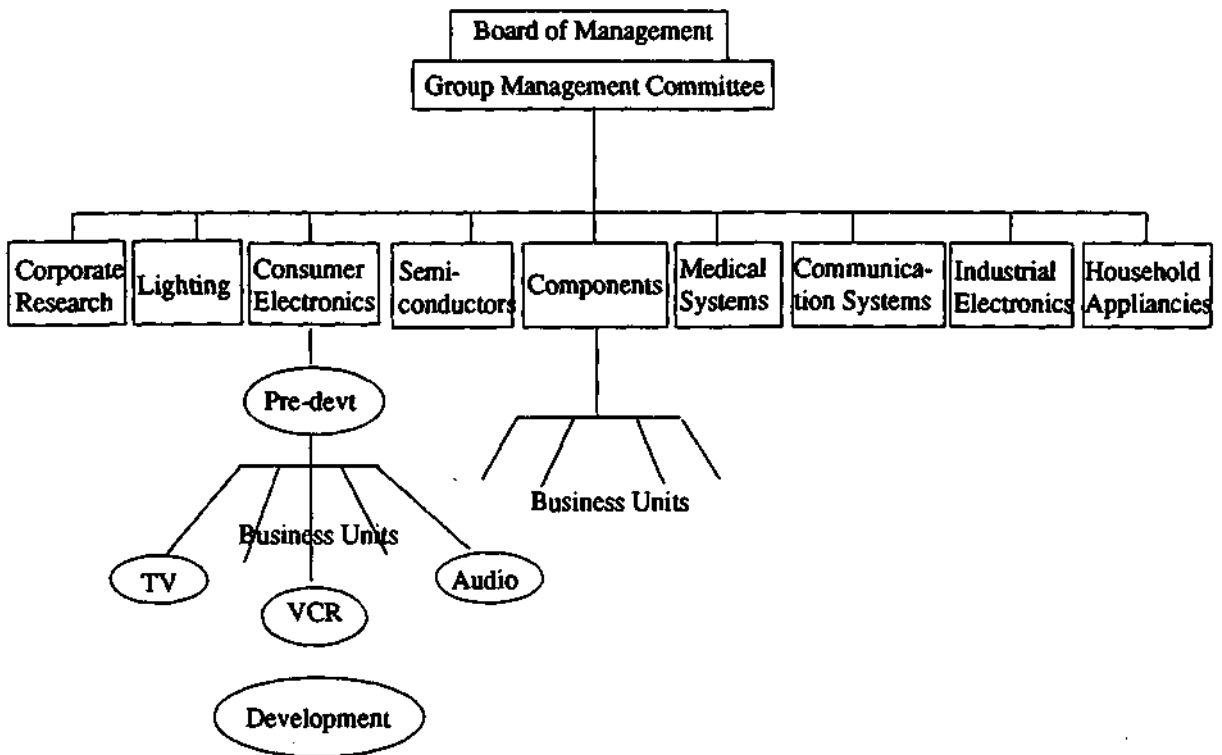
La structure du groupe Thomson (début 1992)



Une direction centrale de la R-D a été mise en place au sein de chacune des grandes entités qui composent le groupe; elle assure la direction et la plus grande partie de la gestion des activités de R-D pour l'ensemble de la filiale. La réalisation des recherches a lieu dans les laboratoires centraux et les centres de R-D des filiales: environ 5% des activités de R-D sont réalisées dans les laboratoires centraux et 95% dans les filiales, soit 75% par Thomson-CSF et 20% par Thomson Consumer Electronics.

- Dans l'organisation de la compagnie Philips, la Direction de la Recherche ("Corporate Research") ne fait pas partie du Conseil de Direction ("Board of Management") de Philips, mais elle y est représentée et lui est directement rattachée; le Conseil de Direction est composé de cinq membres assurant la direction du groupe, l'un d'eux étant chargé plus particulièrement de la R-D.

La structure du groupe Philips (fin 1991)



La Direction de la Recherche partage les responsabilités en matière de gestion des activités de R-D avec, d'une part, les cinq laboratoires centraux et, d'autre part, les laboratoires d'application et unités de R-D des divisions-produits. Elle gère la recherche parfois jusqu'au pré-développement; les laboratoires centraux lui sont directement rattachés et elle est chargée de la coordination des activités de recherche appliquée et de développement des différents services et équipes de recherche des divisions-produits.

L'organisation des activités de recherche et développement chez Philips résulte d'un souci d'équilibre entre centralisation et distribution de la fonction de R-D: centralisation au sein du conseil de direction et distribution dans les laboratoires centraux, dans les laboratoires d'application et dans les équipes de R-D des divisions.

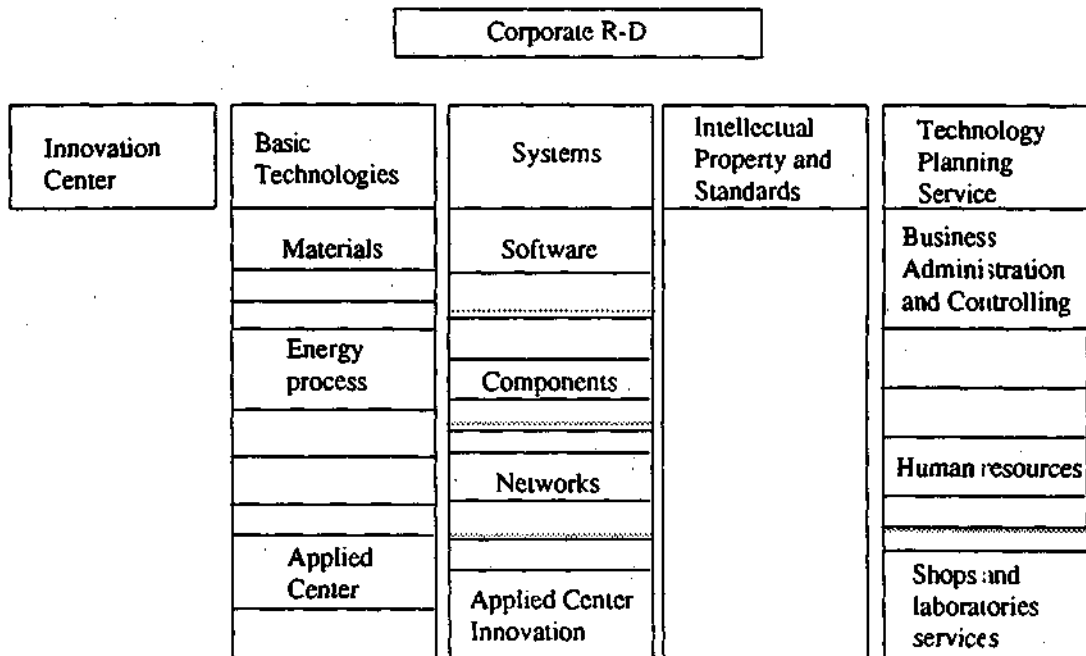
- Au sein du groupe Siemens, la Direction de la R-D constitue une des cinq "Directions Centrales", les autres étant les Directions des Finances, du Personnel, de la Production et de la Logistique, de la Stratégie et du Développement de l'entreprise.

La structure du groupe Siemens (1992)

| Divisions | | | | | | | | | | | | | Secteurs d'activité autonomes | | Directions centrales | | Fonctions centrales | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|---------|-----------------------|--|------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------|----------------------------|-----------|--------------------------|--|-----------------------|---------------------|------------------|-------------------|--------------------------|--------|--------|-----------|
| Industrie | Automatisation | Semiconducteurs | Production d'énergie | Médical | Activités automobiles | Entraînements, Appareillage, Installations | Transports | Systèmes de sécurité | Composants passifs et tubes | Réseaux publics de télécommunications | Systèmes privés de télécommunications | Systèmes audio et vidéo | Composants électromécaniques | Finances | Recherche et Développement | Personnel | Production et Logistique | Stratégie et Développement de l'entreprise | Relations extérieures | Direction de Berlin | Régions Etranger | Services centraux | Gestion Région Allemagne | Berlin | Munich | Personnel |
| Unités régionales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

La gestion de la recherche est centralisée au niveau du groupe; la Direction Centrale de la R-D gère les activités des laboratoires centraux situés à Munich et Erlangen en Allemagne et à Princeton aux Etats-Unis. Toutefois, les activités de recherche appliquée et de développement sont de plus en plus décentralisées dans les divisions. Plus puissante que dans les deux autres groupes, la Direction de la Recherche a pour mission d'élaborer le savoir-faire de base, de traiter les problèmes de propriété industrielle et de coordonner les travaux sur la normalisation effectués par la firme. Une partie des responsabilités concernant la R-D a été transférée à la Direction de la Production et de la Logistique créée en 1988. Cette Direction est chargée des recherches relatives aux techniques de fabrication et du développement des technologies, des méthodes et des instruments. Elle réalise des tâches pluridisciplinaires et assure le transfert des procédés et des produits nouveaux aux usines, en association avec les divisions concernées.

La structure de la R-D Centrale dans le groupe Siemens



2 - Multiplicité et concentration des lieux effectuant des activités de recherche

La configuration spatiale des activités de R-D constitue un autre élément de différenciation des organisations. On observe une concentration à la fois structurelle et géographique chez Siemens; la compagnie Philips est caractérisée par une forte déconcentration des activités; dans le groupe Thomson, les configurations varient selon les secteurs; la concentration est en général plus forte dans le domaine militaire que dans les activités civiles.

- au sein du groupe Thomson: la localisation des activités de recherche est multiple. Les activités de recherche réalisées par Thomson-CSF concernent essentiellement le domaine militaire, et sont réparties dans six branches industrielles; chacune possède une direction technique qui prend en charge la gestion et la réalisation de la recherche appliquée dans son domaine. Les recherches sur les composants, pour le

secteur civil sont effectuées par SGS-Thomson², filiale de Thomson-CSF et de la firme italienne IRI/Finmeccanica.

Au sein de SGS-Thomson, la structure relativement hiérarchisée comprend la "R-D Centrale" et les divisions-produits. Dans l'organigramme de SGS-Thomson, la Direction Centrale de la R-D occupe la même position qu'une division-produit. Elles sont définies dans les mêmes termes par les responsables, la différence étant que la Direction de la Recherche réalise un chiffre d'affaire industriel très faible et fonctionne plus "comme un centre de coût que comme un centre de profit"³. Elle est divisée en deux branches, l'une réalise les études et met au point les méthodes ("CAD et Systèmes Intégrés"), l'autre travaille sur les processus ("Technologie"). Les activités de R-D relevant de ces deux branches sont réparties dans les centres de recherche, essentiellement à Grenoble, Agrate, Carrollton (USA), et dans les différentes divisions.

Le secteur de l'électronique Grand Public dans le groupe Thomson a été confié à une filiale: Thomson Consumer Electronics (TCE). La R-D centrale, qui assure la gestion de la recherche est constituée en groupe opérationnel. La fonction R-D est assurée pour l'ensemble des unités de la filiale, réparties dans les différentes régions du monde, de la même façon que les fonctions ressources humaines, finances, juridique, qualité, communication, technologie. Les activités de recherche et développement sont réalisées dans les laboratoires de T.C.E placés sous l'autorité directe du directeur du "Groupe Opérationnel de R-D". Certains sont associés à une usine de production ou d'assemblage tels que les laboratoires de Villingen, Hanovre, Singapour ou Indianapolis et assurent le passage à la fabrication des produits et des processus développés; d'autres sont focalisés sur des activités de R-D plus amont, c'est le cas du laboratoire d'Ilkrich.

- dans le système de R-D du groupe Siemens: on observe une plus grande concentration géographique et structurelle. La plus grande partie des activités de recherche est regroupée autour de Munich, dans deux laboratoires centraux. Les services de R-D des divisions gèrent et réalisent les étapes de pré-développement et de construction des prototypes. Ils assurent, en général, le développement et le

² Dans le cadre de la restructuration du groupe Thomson qui a eu lieu à la fin de l'année 1992, SGS-Thomson n'appartient plus au groupe Thomson (elle a été rattachée au groupe Thomson-CEA Industrie et à France Télécom).

³ Entretien avec M. Roche, Directeur Adjoint de la R-D, SGS-Thomson, Grenoble, 25 mai 1989.

passage à l'industrialisation. Des recherches de base sont parfois réalisées dans les divisions, dans des laboratoires spécialisés; il existe par exemple un laboratoire de recherche nucléaire au sein de la division KWU (production d'énergie).

- au sein de la compagnie Philips: le déploiement structurel et géographique est plus grand; toutefois, la structure du groupe permet de conserver une certaine homogénéité des différents niveaux de recherche. Les recherches sont réalisées dans les laboratoires centraux et au sein des divisions. Dans les laboratoires centraux, les activités de R-D incluent souvent les étapes de pré-développement; dans les divisions, la recherche appliquée et le développement sont réalisés soit par des équipes de R-D au sein des sociétés, soit jusqu'à maintenant, dans les laboratoires d'application. Dans le cadre de la réorganisation de l'ensemble du système de R-D, les laboratoires d'application sont appelés à être plus intégrés au sein des divisions; leur activité devrait être plus orientée vers le développement, avec pour mission de maintenir l'interaction avec la recherche. A ce titre, ils seront le plus souvent rattachés aux "centres de compétences internationaux"; cet élément central de la nouvelle structure du groupe Philips a pour principale mission d'assurer le passage à l'industrialisation des nouveaux produits et processus.

3 - Articulation et coordination des activités dans le système de R-D

Dans chaque structure on observe:

- au sein des différentes unités de recherche: sur le plan de l'organisation, un élargissement des rôles et des fonctions des individus, et sur le plan scientifique, des relations plus étroites entre les domaines de recherche;

- au sein du processus d'innovation: une séparation moins nette entre les étapes du processus, qui rend plus floue la délimitation entre les niveaux de recherche.

Il en résulte une plus grande nécessité d'articulation et de coordination des activités afin d'éviter un doublement des recherches et un gaspillage des ressources.

- dans le groupe Thomson: l'hétérogénéité des niveaux de recherche au sein du groupe induit des chevauchements entre les champs d'intervention de la R-D, la plupart du temps, avec une complémentarité relativement faible et des échanges limités entre les différentes activités de recherche. La nécessité d'exploiter les possibilités de complémentarité est largement reconnue et des tentatives d'application pratique ont lieu; mais celles-ci restent difficiles du fait notamment des

clivages hérités du passé, qui marquent fortement l'organisation du groupe, et des restructurations qui caractérisent son histoire.

- dans l'organisation de Siemens: la gestion et la réalisation des activités de recherche sont moins dispersées. Les recoupements et les chevauchements sont favorisés à la charnière des différents niveaux de recherche dans le but de faciliter le passage entre les phases du processus d'innovation. La tendance actuelle est de renvoyer la plus grande partie des activités de recherche appliquée et de développement dans les divisions; les phases les plus amont restent du ressort de la R-D centrale et la prise en charge par les divisions se fait dès le pré-développement.

- au sein de la compagnie Philips: le problème de la redondance des activités s'est posé récemment de façon cruciale et a amené le groupe à mettre en place une réorganisation profonde.

Pour rationaliser son organisation, la compagnie Philips a superposé une structure par centres de compétence à la structure matricielle existante par produit et par pays. Cette restructuration par pôles permet de regrouper, d'abord structurellement puis géographiquement, les moyens et les compétences sur une ligne de produits donnée. Les centres de compétence comprennent des unités de R-D en relation directe avec les laboratoires centraux et les unités de production. L'articulation entre les différentes phases du processus de conception-développement des produits est modifiée. La coupure qui existait entre le pré-développement réalisé le plus souvent dans les laboratoires centraux, et le développement pris en charge par les divisions, se déplace. La phase de pré-développement est transférée dans les centres de compétence, la liaison pré-développement/développement est ainsi réalisée par l'organisation des centres. Ce déplacement se concrétise par le transfert, dans les centres de compétence, du "Product Manager", responsable au niveau du groupe, du processus recherche-production-vente pour un produit défini; le Product-Manager était jusqu'à maintenant localisé à la direction générale à Eindhoven.

De façon générale, on observe dans les trois groupes, une tendance à renvoyer la plus grande partie du processus de développement dans les divisions et à ne garder dans les laboratoires centraux que les phases amont de la R-D. Parallèlement, le souci de ne pas isoler les laboratoires centraux conduit à encourager l'implication

des chercheurs dans les activités de pré-développement, soit au sein du laboratoire central, soit dans les autres unités de R-D des divisions.

4 - La formalisation des relations entre les différents intervenants du système de RzD.

Les modes de formalisation des relations entre les niveaux de recherche au sein des organisations mettent en évidence le type de fonctionnement du système R-D et plus précisément le processus selon lequel se répartissent les activités de R-D au sein de la structure.

- dans l'organisation de Philips: différents types de formalisation existent à plusieurs niveaux:

- entre la direction centrale de la recherche et les laboratoires centraux: les relations s'établissent au sein du "Bureau de Coordination de la Recherche", qui comprend deux à trois permanents et des personnels des équipes dirigeantes des laboratoires en détachement pour trois ans. Il assure la préparation des dossiers stratégiques; les responsables des divisions participent aux réunions internes relatives aux projets qui les concernent. Par ailleurs des réunions ont lieu une à deux fois par an dans chaque laboratoire central, associant le directeur de la R-D du groupe Philips, le directeur du laboratoire et ses directeurs-adjoints.

- entre la direction centrale de la recherche et les divisions: les relations s'exercent au sein de "comités de liaison recherche/division-produit". Il s'agit d'une structure mouvante au fonctionnement souple, créée et dissoute en fonction du marché et du développement des recherches. Ces comités existent par produit ou par technologie (ex: comité "ultra-sons"). De façon plus informelle, des relations s'établissent au sein de comités nationaux réunissant des personnels des laboratoires de recherche et des personnels des divisions-produits au niveau national.

- au sein de Thomson: les échanges et la coopération entre les entités de R-D semblent moins structurés. Ils ont tendance à se développer de façon informelle, et sont très souvent liés aux contacts personnels entre individus, services ou unités. Cette structure résulte notamment du mode de fonctionnement du groupe: dans plusieurs cas, le besoin de développement de certains produits dans des secteurs définis a amené les branches ou divisions concernées à créer une unité chargée de l'ensemble du processus de conception-production-vente du produit (ex: l'unité Thomson-LCD créée par Sextant Avionique et TCE pour le développement des

écrans plats à cristaux liquides). Les contacts ont donc lieu entre des sociétés différentes, mais entre des individus qui se connaissent déjà, le plus souvent pour avoir travaillé ensemble avant la création de la nouvelle unité.

Section 2 - Le poids de la R-D dans l'entreprise: ses relations internes et externes

Le rôle de la R-D ne peut pas être saisi à travers l'organigramme; il convient maintenant d'analyser plus précisément le fonctionnement du système de R-D dans l'organisation globale de la firme.

En nous appuyant sur les cas de Philips, Siemens et Thomson, nous tenterons de mettre à jour les mécanismes qui renforcent le poids de la fonction de R-D au sein de la firme et dans son environnement, et qui permettent de réaliser l'interaction entre le système de R-D et le reste de l'entreprise.

Pour apprécier le poids de la R-D dans l'entreprise, nous analyserons tout d'abord le processus de décision, l'analyse de son déroulement permettant, d'une part, de saisir l'implication personnelle et opérationnelle de la Direction Générale dans les activités de R-D et donc l'importance qu'elle accorde à ces activités, et d'autre part, de comprendre le type de relations qui s'établit entre la fonction de recherche et les autres fonctions de l'entreprise. Au-delà des seuls mécanismes relatifs à la prise de décision, l'étude des différents types d'échanges et de contacts qui ont lieu entre la R-D et ses interlocuteurs au sein de la firme et à l'extérieur permettra de comprendre les modes de fonctionnement qui renforcent la cohésion du système de R-D face à son environnement.

1 - Le processus de décision

Les décisions en matière de R-D sont cruciales pour l'entreprise, elles engagent l'avenir de la firme à moyen et long terme et sont très souvent irréversibles. Une part importante des décisions que les responsables de la R-D sont amenés à prendre, concerne le choix des sujets de R-D et le mode de développement des technologies nécessaires à l'entreprise: développement interne ou acquisition à l'extérieur.

a) Le passage par le centre stratégique

Un des principaux critères à analyser pour caractériser le processus de décision et par suite le poids de la fonction de R-D dans la structure globale de l'entreprise est celui du passage par le centre stratégique: le déroulement des négociations et des procédures qui conduisent à la prise de décision comprend-il une phase de passage par un organe central de direction?

La forme du processus de décision varie selon la structure de la R-D dans chaque groupe et notamment selon le poids de la Direction Centrale de la Recherche dans l'organisation de la R-D d'une part, et dans l'organisation générale de l'entreprise d'autre pan.

- dans le groupe Thomson: le processus est décentralisé. Les décisions concernant la stratégie de recherche et développement du groupe et l'orientation générale des recherches sont prises par le Directeur de la Recherche et de la Technologie et le Président du groupe; les Directions Centrales de la R-D dans les filiales disposent d'une autonomie relativement grande et prennent les décisions concernant la R-D dans leur secteur, en respectant les directives de la Direction de la Recherche et de la Technologie.

- dans la structure mise en place par Siemens: le passage par le centre stratégique dans le processus de décision est plus systématique. Le "centre" dans ce cas est matérialisé non seulement par la Direction Générale mais également par le "Comité de R-D", organe central situé, dans la structure hiérarchique, entre la direction générale et les divisions. Ce comité est chargé de définir les "core technologies", à savoir les technologies nécessaires au développement des activités du groupe et ayant un intérêt pour le groupe ou pour plusieurs divisions. Le processus décisionnel peut être initié par les responsables au niveau central mais également par les divisions. Celles-ci, lorsqu'elles souhaitent acheter une technologie à l'extérieur soumettent leur projet au comité qui reconnaîtra ou non le caractère de "core technology". L'avis du Comité de R-D sur ce point est crucial puisqu'il détermine la source de financement: si la technologie achetée a un intérêt pour tout le groupe, elle est financée par la Direction Centrale de la recherche; dans le cas où elle concerne une application précise, elle est financée par la division qui en a exprimé le besoin. Toutes les technologies utilisées dans le groupe, qu'elles soient achetées à l'extérieur ou développées de façon interne, sont soumises à l'avis du comité.

Après acceptation par le comité, elles sont intégrées dans le processus de conception-développement des technologies défini par Siemens; ce processus comprend trois phases: exploitation, faisabilité et transfert, qui sont gérées par des entités différentes. Une technologie achetée à l'extérieur peut être intégrée directement au niveau de la deuxième ou troisième phase du processus selon le degré de maturité atteint au moment de l'acquisition.

- au sein de la compagnie Philips: le processus de décision tend à être de plus en plus centralisé; une part importante des décisions en matière de recherche appliquée et parfois en matière de recherche exploratoire sont encore prises sans "passage par le centre"; ce mode de fonctionnement est dû notamment à la forte décentralisation qui existait dans le groupe jusqu'à maintenant.

Comme dans les deux autres organisations, la stratégie globale de R-D et les axes de recherche sont décidés au sein de la Direction Centrale de la Recherche et du Board of Management qui dirige le groupe Philips, la préparation des dossiers stratégiques étant effectuée par le Bureau de Coordination de la Recherche, organe central présidé par le Directeur de la Recherche.

Jusqu'à maintenant, le processus de décision était souvent initié par les laboratoires d'application et les services de recherche appliquée et de développement dans les divisions, selon deux cheminements possibles:

- lorsqu'il s'agit de recherches ou d'études mobilisant peu de moyens, telles que le développement de circuits peu coûteux selon une technologie déjà maîtrisée, demandées par une division commerciale du groupe, ou par des clients extérieurs dans le cas des laboratoires d'application, le processus de décision ne passe pas par la Direction Centrale de la Recherche; le directeur du laboratoire prend lui-même la décision;
- les actions plus coûteuses ou à plus long terme développées par les services décentralisés doivent être prévues dans les programmes de R-D approuvés par la Direction Centrale de la Recherche; le directeur du service concerné effectue un choix à l'intérieur d'un cadre déterminé.

La tendance actuelle est de réduire la part des études et recherches locales, dans le but de recentrer toutes les recherches faites dans le groupe sur un petit nombre d'axes stratégiques.

b) Les relations avec les autres fonctions

Les relations entre la Direction de la Recherche et les autres directions ou services centraux de l'entreprise, dans le déroulement du processus qui mène à la prise des décisions en matière de R-D, constituent un autre critère permettant de cerner la place de la R-D dans l'organisation de la firme.

Dans les trois entreprises considérées, ces relations sont peu formalisées. Une étude du processus de décision dans une grande entreprise du secteur de la Chimie, le groupe Solvay, permet de mettre en évidence certaines différences au niveau de la formalisation des procédures⁴.

Au sein du groupe Solvay, la Direction Centrale des Recherches pilote le processus de décision; chaque étape, nettement différenciée, fait intervenir dans un ordre déterminé des fonctions ou des secteurs particuliers de l'entreprise; le processus consiste à:

- prendre l'avis des dirigeants de la division-produit compétente dans le domaine, puis des responsables de la Direction Nationale concernée qui sera appelée à financer la plus grande partie du projet;
- procéder à une estimation de rentabilité du projet et demander l'accord de la Direction Centrale Financière;
- demander l'avis de la Direction Centrale Technique sur la possibilité d'industrialiser le projet;
- soumettre le projet au "Corporate Planning" qui examine la cohérence entre le projet proposé et les lignes directrices de la stratégie de l'entreprise;
- introduire le projet au Comité Exécutif (organe de direction du groupe), en accord avec la Direction Centrale Financière et la Direction Nationale impliquée.

Ce type de procédure n'existe pas de façon aussi nette dans les trois groupes du secteur de l'électronique étudiés. Avant la prise de décision, des contacts ont lieu avec certains services, notamment le marketing, et des négociations se déroulent avec les responsables des divisions-produits, au sein de comités représentatifs des différentes fonctions concernées; mais il n'existe pas un processus véritablement formalisé précisant l'enchaînement des différentes étapes précédant la décision. On

Entretien avec M. Martens, Directeur Adjoint de la Recherche, Solvay, Bruxelles, 30 janvier 1990.

peut toutefois observer dans le groupe Philips un déroulement plus séquentiel de la prise de décision comprenant des phases d'échange avec les autres fonctions: le processus de décision comprend une étape importante d'allocation des projets au cours de laquelle est décidé à quels centres, unités, laboratoires vont être attribués les projets définis. Cette décision est difficile compte tenu de la structure éclatée du groupe Philips et des différentes possibilités quant au choix du lieu de mise en oeuvre d'un projet; elle peut avoir des effets à la fois stratégiques quant à l'avenir de l'unité choisie et déterminants sur la réussite du projet. La décision est prise, au sein de la division-produit, par les product-managers concernés, le directeur responsable du produit à la direction générale du groupe et les personnels de marketing.

De façon générale, il semble que de plus en plus le processus de décision se déroule essentiellement entre la Direction Centrale de la Recherche et la Direction Générale. L'enjeu que représentent les choix technologiques pour les entreprises actuellement expliquent pour une large part qu'ils soient effectués au plus haut niveau de l'entreprise.

2 - Les échanges à l'intérieur de la firme et avec, son environnement - Les modes de formalisation

a) Les échanges entre la R-D et les autres fonctions de l'entreprise

- les échanges avec la fonction de marketing: ils sont relativement récents et font l'objet d'efforts importants et souvent difficiles de la part des trois groupes.

au sein de SGS-Thomson: les responsables de la R-D définissent les orientations et établissent la planification des recherches en coopération avec les services de marketing. Un objectif commun précis est défini, en termes de parts de marché à acquérir à une échéance déterminée.

dans la compagnie Philips: le marketing ne relève pas d'une direction ou d'un service constitué au niveau central. Il est intégré à l'organisation des autres fonctions, ce qui se traduit par une répartition des services de marketing dans l'ensemble de la structure du groupe. Ainsi, dans les centres de compétence internationaux, où le marketing constitue une fonction clé, les équipes sont soit transférées à partir des services centraux localisés à Eindhoven, soit créées spécifiquement.

Les échanges entre le marketing et la recherche ont lieu à deux niveaux nettement différenciés dans la structure de la firme. Au niveau du développement des produits et des processus, ils se traduisent par l'établissement de relations au sein des divisions, entre les équipes de recherche appliquée et les services de marketing de la division concernée. Ces interactions se développent rapidement; elles sont facilitées par le fait que l'activité se déroule à court terme (un à trois ans). Au niveau de la recherche de base, les échanges avec le marketing à long terme (cinq à douze ans) sont beaucoup plus difficiles à établir et à gérer; ils ont cependant un caractère stratégique pour la firme et font l'objet d'efforts particuliers de la part de la Direction Générale.

- les échanges avec la fonction de production: ils existent depuis plus longtemps; mais la relation R-D - production prend actuellement une plus grande importance.

Les relations avec les divisions s'établissent soit dans le cadre de commandes passées par les divisions aux laboratoires, soit dans le cadre de projets de R-D décidés au niveau central et dont les résultats sont transmis dans les divisions. La forme de ces relations évolue: le passage de la R-D à la production se fait de façon moins "brutale", des périodes de transition sont prévues pendant lesquelles ont lieu différents types d'échanges. Les échanges se concrétisent le plus souvent par des transferts d'équipes de recherche et d'équipes de production des laboratoires vers les divisions et inversement. Ces transferts sont encore limités bien que de plus en plus encouragés par les responsables des entreprises.

- dans le groupe Siemens: des équipes de recherche dans les laboratoires centraux travaillent directement pour les divisions; le transfert géographique des équipes est relativement rare. Ce type de fonctionnement est plus particulièrement développé dans les divisions Télécommunications et Composants.

- au sein de la compagnie Philips: les échanges ont tendance à se développer sous la forme de transferts d'équipes industrielles vers les laboratoires de recherche. Dans le cadre du projet TVHD, des équipes de RPIC ("la Radiotechnique Portenseigne", société Philips fabricant des produits pour le secteur Grand Public) sont présentes depuis deux ans au L.E.P. (laboratoire central de Philips en France). Ces relations sont intégrées dans le cadre de contrats internes, les "projets de transfert", passés entre le laboratoire et une ou plusieurs divisions.

Les relations entre ces deux fonctions semblent encore peu structurées dans les trois groupes. Des tentatives de formalisation ont lieu, notamment avec la mise en place des projets de transferts chez Philips dont l'objectif est de rentabiliser les activités de recherche et de faciliter le passage à l'industrialisation des produits nouveaux en donnant un cadre formel à ces relations. On observe de façon générale un rapprochement entre les activités de développement et celles de production mais peu de relations directes entre la recherche de base réalisée dans les laboratoires centraux et les unités de production.

- le rapprochement des trois fonctions marketing, R-D, production: il est de plus en plus reconnu comme déterminant pour le succès de l'entreprise. Il est réalisé par la mise en place d'équipes pluridisciplinaires chargées d'un ou plusieurs projets déterminés.

Dans l'organisation de Philips, cette pratique se concrétise par la mise en place au niveau du groupe d'une structure dite MPD, "Marketing, Production, Développement", organisée par ligne de produits. Au cœur de cette structure sont mis en place des centres de compétence internationaux qui réunissent des services de marketing, des équipes de R-D et des unités de production. Des groupes sont constitués à l'intérieur des centres, pour assurer le développement et la mise en fabrication d'un produit; ils associent un "project-leader" le plus souvent issu du secteur développement, un "product-leader" responsable de la production et des relations avec les clients, des personnels de différents services (développement, achats, industrialisation...). Par ailleurs, des responsables-produits, "product-manager", sont chargés de gérer au niveau global de la firme, les trois fonctions développement, production, marketing, pour un produit donné.

Les échanges entre les fonctions passent également par les individus; à ce titre la mobilité interne des chercheurs joue un rôle essentiel. Ces mouvements internes sont de plus en plus encouragés dans les entreprises; ils ont lieu en général de la recherche vers le développement puis vers la production.

Les contacts individuels et informels jouent également un rôle important dans le rapprochement des fonctions; toutefois ces échanges, bien que de plus en plus pris en considération par les responsables, sont difficiles à maîtriser et donc à intégrer et à gérer dans une structure.

b) Les échanges entre la R-D et l'environnement de la firme

Des préoccupations à la fois techniques et relatives au marché, amènent les entreprises à développer des relations entre le système de R-D de la firme et son environnement. Différentes catégories de partenaires sont impliqués dans ces relations, chaque type de partenariat répondant à certains types d'enjeux.

- les échanges avec les universités

Bien qu'ils ne constituent pas un mode dominant de fonctionnement au sein ni des entreprises ni des universités, ces échanges se sont développés de manière significative au cours des années 80. Non seulement le nombre de contacts et de coopérations a augmenté rapidement, mais également ils ont acquis un aspect stratégique pour les deux catégories de partenaires. Ils sont mis en place en réponse à plusieurs types de considérations. De la part des universités, il s'agit à la fois d'accroître les sources de financement et d'avoir un contact avec le "monde réel"; les relations avec l'industrie permettent d'une part, d'augmenter les possibilités de débouchés des recherches et d'autre part, de fournir aux étudiants une expérience professionnelle. De la part des entreprises, l'enjeu est d'avoir accès à des connaissances scientifiques et à des résultats de recherche, disponibles mais souvent peu diffusés, et à une réserve de ressources humaines de haute qualification; ces compétences peuvent être utilisées soit par l'embauche de scientifiques soit par l'établissement de relations à plus long terme avec les laboratoires universitaires.

La majorité des échanges entre l'industrie et l'université sont basés sur des contrats à court terme, un à trois ans en moyenne, mais ils sont pour la plupart régulièrement renouvelés, ce qui donne un caractère de relative stabilité aux relations de coopération. Ils portent en général sur des sujets précis et des applications déterminées a priori. Ils se traduisent souvent par l'accueil d'élèves-chercheurs et de stagiaires de recherche dans les laboratoires des entreprises. Ces relations sont peu structurées et rarement formalisées dans un cadre institutionnel au niveau des directions, tant à l'université que dans les entreprises; elles sont pour la plupart bilatérales et personnelles, le plus souvent établies directement entre le centre de recherche industriel et le laboratoire universitaire, par les individus directement concernés.

Toutefois, dans certains cas, les échanges sont formalisés et se concrétisent par l'établissement de centres de recherche communs. Cette forme de coopération existe depuis longtemps mais elle a pris récemment une ampleur croissante. Une structure de ce type a été mise en place par Philips, dès les années 50, en coopération avec l'Université Technique de Eindhoven; TIPO (Instituut voor Perceptie Onderzoek) a été créé, en 1957, pour effectuer des recherches communes dans le domaine de la perception et de la communication. Cet institut est intégré, d'une part, à la structure de l'université où il constitue un département de la Faculté de Philosophie et de Sciences Sociales, et d'autre part, à l'organisation de Philips où il représente un des groupes de recherche du Nat Lab. La moitié du personnel est composée de chercheurs universitaires et l'autre moitié de chercheurs appartenant à la compagnie Philips. La volonté d'encourager cette forme de coopération s'est traduite par l'autorisation, récemment accordée à l'IPO, de créer un 3ème cycle d'enseignement dans le domaine "Perception et Technologie"⁵.

- les relations avec les laboratoires publics

Cette forme de coopération est particulièrement développée dans le cas de la France où les laboratoires publics tels que le CNRS, le CNES, le CNET ont pour des raisons historiques et institutionnelles acquis de fortes compétences de recherche de base. Les relations établies entre les entreprises et ces laboratoires, qui disposent de moyens matériels, financiers et humains importants, semblent souvent plus stables que celles souvent ponctuelles établies avec les universités. Ils prennent souvent la forme d'équipes associant plusieurs partenaires et sont formalisés par la constitution de groupements ou de réseaux tels que GCIS auquel participe SGS-Thomson. Ce groupe associe différents organismes: des laboratoires publics (LETI, CNES, CNET), des universités, les laboratoires centraux de Thomson (LCR, LER), SGS-Thomson. Il est constitué en réseau, jouant le rôle de canal de transmission entre la recherche universitaire et l'entreprise. Thomson y occupe une place centrale quant à l'orientation des recherches.

⁵ Entretien avec Mme Liduine Verhelsi. Instituut voor Perceptie Onderzoek. 26 octobre 1991.

- les échanges avec les autres entreprises

Ce type de relations tend à se développer rapidement, que ce soit avec des industriels du même secteur ou avec des industriels de secteurs différents. Les échanges technologiques entre les entreprises ont un caractère particulièrement stratégique, d'une part, parce qu'ils engagent l'ensemble de la firme et son avenir, et d'autre part, parce qu'ils prennent la forme de relations à la fois de concurrence et de coopération. Ils résultent des caractéristiques technologiques particulières d'une industrie; ils sont très souvent soutenus par les autorités gouvernementales et expriment la volonté de créer et de maintenir certaines compétences au niveau national. Du point de vue des entreprises, ils permettent non seulement de protéger une position face à la concurrence mais également de gagner des parts de marché. En particulier dans le domaine de la recherche, les accords passés permettent de réduire les risques liés à l'instabilité de l'environnement et d'accroître le rythme de l'innovation (Erdilek, 1989). Ils ont également un rôle de veille technologique en donnant à chacun des possibilités de prévision de l'évolution technologique au niveau du secteur ou du marché.

Les échanges interindustriels établis dans le secteur de l'électronique sont fortement motivés par l'acquisition de nouvelles technologies; les accords passés entre les entreprises japonaises et les firmes américaines ou européennes sont particulièrement explicites. L'accord entre Siemens et Toshiba, signé en 1985, prévoyait le transfert, d'un côté, des méthodes de fabrication japonaises, et de l'autre côté, de la technologie allemande pour la production des mémoires 1 Megabit. De même, l'accord Motorola-Toshiba, signé en 1986, donne à la firme américaine l'accès au marché japonais et aux méthodes de production des composants électroniques, et à la firme japonaise, la technologie des microprocesseurs développés par Motorola. Dans l'accord entre Toshiba et Hewlett-Packard, la firme japonaise accepte d'envoyer un de ses meilleurs ingénieurs pour assurer la gestion de la division composants électroniques pendant trois ans en échange de la technologie américaine. Il est par ailleurs intéressant de noter que les firmes américaines qui, au début du siècle ont fourni des méthodes de production et de gestion particulièrement performantes aux autres pays, sont maintenant amenées à les acquérir en échange de leur technologie.

Les accords technologiques inter-firmes sont également très souvent basés sur la participation commune à un projet, tels que l'accord Siemens-IBM pour la fabrication des mémoires, ou le Mega Project associant Philips et Siemens pour la mise au point des mémoires SRAM, ou encore l'accord entre Siemens, Toshiba et General Electric pour le développement en commun de bibliothèques de cellules.

Les échanges avec des industriels de secteurs différents prennent plutôt la forme d'une relation client-fournisseur, tels que l'accord entre Thomson-LCD et St-Gobain pour la mise au point et la fabrication du verre utilisé dans les écrans à cristaux liquides développés par la filiale de Thomson.

Un autre type de relation client-fournisseur est établie dans le secteur des ASIC. Elle concerne plus particulièrement les activités de recherche appliquée et de développement. Vis à vis des clients de l'entreprise, la R-D, notamment la recherche appliquée, constitue de plus en plus une entité identifiable permettant d'établir un lien direct entre le client et l'activité de conception-développement dans l'entreprise. L'objectif des entreprises, dans ce cas, est de raccourcir les délais de réponse au marché par le rapprochement entre la R-D et les clients de la firme. Ces relations concernent plus particulièrement les divisions, où sont réalisées les recherches appliquées. Dans le cas des ASIC, le client est directement associé à la conception et au développement du circuit et travaille en coopération avec les ingénieurs de développement dans les centres de design de l'entreprise. L'évolution a lieu dans le sens d'un approfondissement de cette interaction, l'objectif des responsables industriels fournisseurs étant d'associer les clients le plus en amont possible dans le processus de conception-développement.

Les relations établies par la fonction de R-D avec son environnement, en particulier avec les industriels et les laboratoires publics, se développent de plus en plus dans le cadre des grands projets nationaux (accords Etat-Industrie) et européens (Jessi, Eurêka...). Dans le cadre de cette évolution, le poids de la Direction Centrale de la Recherche est largement renforcé par le rôle qu'elle est appelée à jouer dans l'internationalisation du groupe, vis à vis des interlocuteurs institutionnels nationaux et européens.

Section 3 - L'organisation spatiale, révélateur du système de fonctionnement de l'entreprise

Au cours des années 60 et 70, l'organisation territoriale des activités de R-D ne posait pas de véritables problèmes aux dirigeants des entreprises. La localisation des activités de R-D résultait de la combinaison de deux phénomènes qui ont marqué cette période: d'une part, la généralisation au sein des entreprises du modèle d'organisation taylorien, fondé sur une division poussée des tâches entre l'amont de la production (conception des nouveaux produits et processus) et la fabrication et, d'autre part, la division spatiale du travail, particulièrement forte en France.

La configuration spatiale adoptée par la plupart des firmes en matière de R-D répondait aux critères d'organisation de cette époque: les activités de R-D étaient isolées des autres secteurs de l'entreprise et concentrées dans des laboratoires de recherche, localisés en général à proximité du siège social de la firme.

Les mutations techniques et économiques des années 70 ont fait apparaître de nouveaux enjeux pour les entreprises et ont conduit à de nouvelles dynamiques de localisation. Le rapprochement des fonctions de R-D et de production dans le but de faciliter le passage à l'industrialisation des produits nouveaux, a amené les entreprises à implanter des centres de recherche appliquée et de développement près des unités de fabrication.

Ce mouvement s'est poursuivi au cours des années 80, parallèlement au développement des technopoles, nouveau mode d'organisation territoriale dont l'objectif est de regrouper sur un même site géographique différents types d'activités et de favoriser la décentralisation des activités de R-D.

L'étude de l'organisation spatiale des activités de R-D au sein de Philips, Thomson et Siemens montre comment l'organisation structurelle de la R-D de chaque groupe, décrite précédemment, se reflète dans les formes territoriales et dans leur fonctionnement; elle permet d'analyser les changements qui ont lieu dans les modes d'organisation spatiale des activités au sein des entreprises.

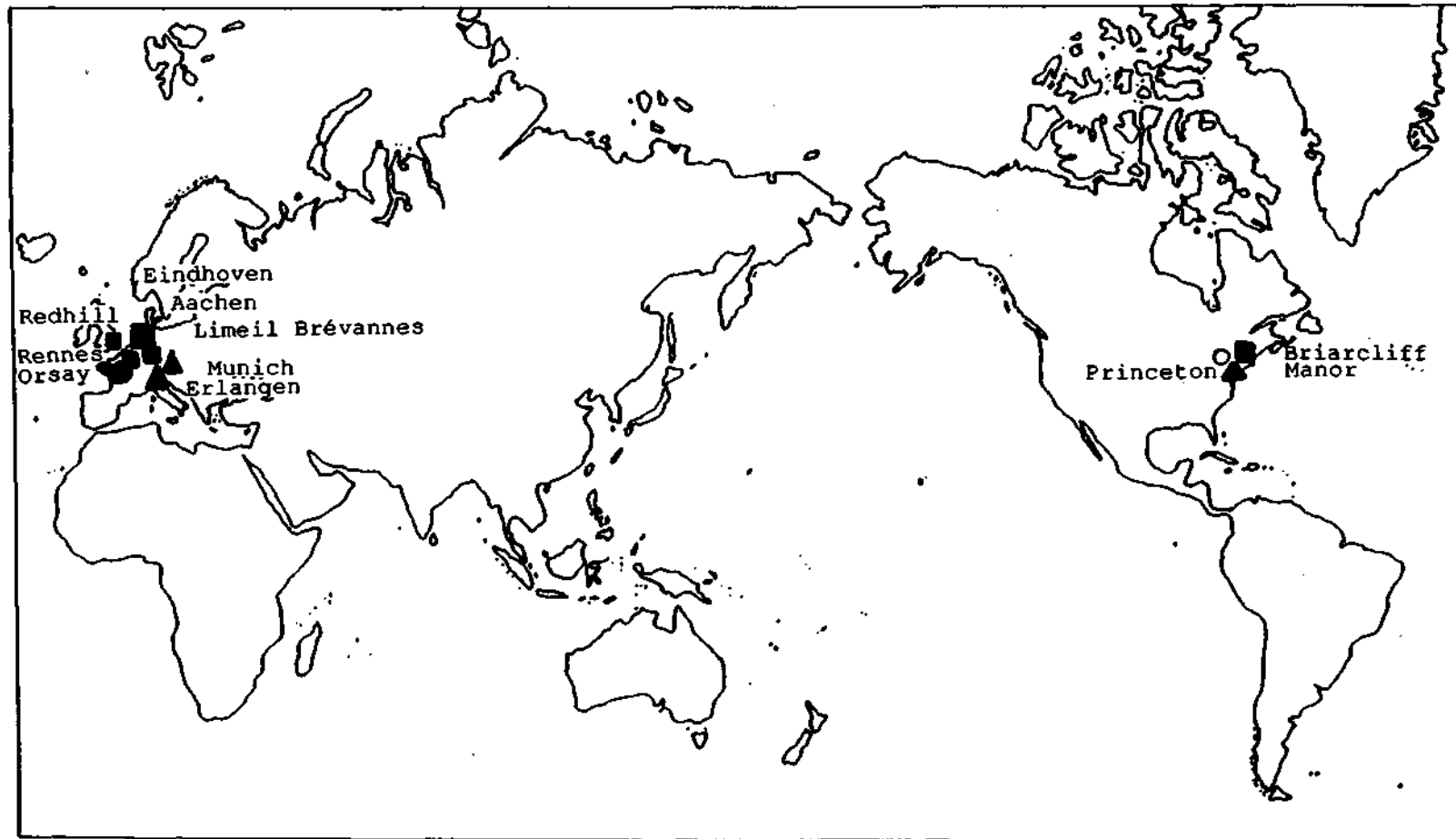
Dans cette section, notre objectif est de repérer la fonction de R-D dans l'organisation spatiale de l'entreprise. Nous examinons tout d'abord les implantations géographiques des activités de recherche qui donnent une vision de la forme territoriale de l'ensemble du système; puis, au-delà de la simple configuration territoriale, nous analysons le fonctionnement spatial des systèmes de R-D au sein de la firme et dans son environnement. L'étude des modalités d'articulation entre les divers sites localisés de l'entreprise et de ses partenaires permet de mettre en évidence les dynamiques de localisation qui se développent dans les firmes et les formes d'interaction qui existent entre l'organisation spatiale et l'organisation structurelle de l'entreprise.

1 - Les implantations territoriales de la R-D

La localisation des laboratoires centraux dans les trois groupes est polarisée autour de deux sites: le siège social du groupe et la région de Boston - New York aux Etats-Unis.

La localisation des laboratoires centraux des groupes Thomson, Philips, Siemens

150



A Siemens

• Philips

• Thomson

o Centre de Recherche
David Sarnoff

Deux évolutions importantes sont à noter en ce qui concerne l'implantation territoriale des laboratoires centraux. Tout d'abord, dans le groupe Philips, la récente réorganisation de la R-D a réduit le nombre de laboratoires qui est passé de huit à cinq: les équipes de recherche des laboratoires situés en Belgique et à Sunnyvale en Californie ont été intégrées dans les divisions; les laboratoires de Hambourg et de Aachen ont été regroupés. Ensuite, dans le groupe Thomson, le LER, situé à Rennes, n'est plus un laboratoire central depuis la restructuration du groupe en 1992; il est dorénavant intégré au sein de Thomson-CSF dans la Division Thomson Composants Spéciaux. Les liens avec les Laboratoires David Sarnoff aux Etats-Unis devraient se resserrer à partir de 1993, suite aux engagements de Thomson lors du rachat de RCA.

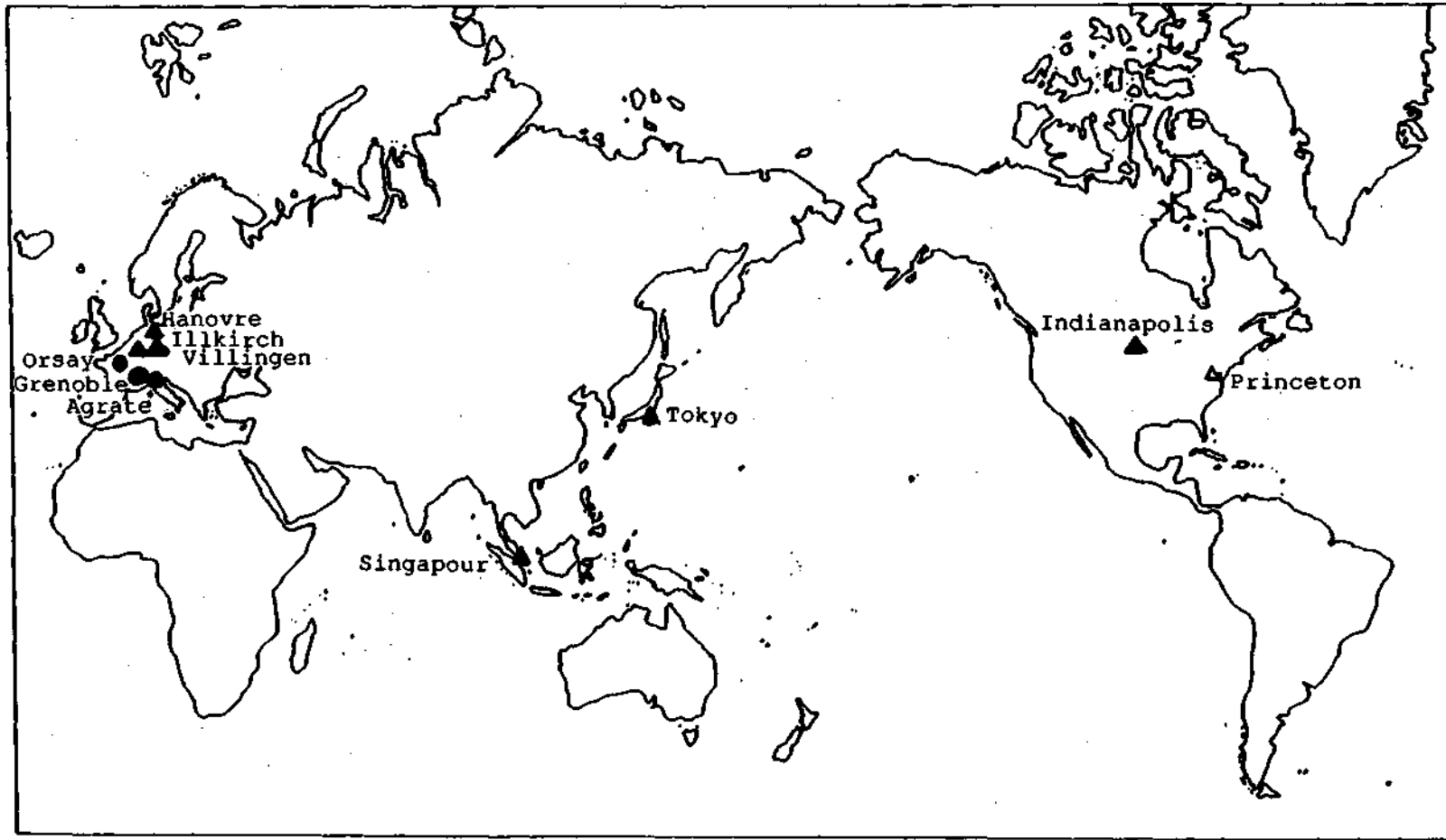
a) Au sein de la compagnie Philips: l'implantation géographique est plus dispersée; elle comprend :

- cinq laboratoires centraux en Europe et aux Etats-Unis: Le Nat Lab (Natuurkundig Laboratorium) à Eindhoven aux Pays-Bas (1800 personnes), le LEP à Limeil-Brévannes, près de Paris (170 personnes), le PFL qui regroupe les deux laboratoires de Aachen et de Hambourg (470 personnes), le PRL à Redhill, près de Londres (230 personnes) et le laboratoire de Briarcliff Manor, près de New York (300 personnes);
- des laboratoires d'application et des équipes de R-D dans les divisions; les quatre laboratoires d'application de la Division Composants sont situés à Eindhoven, à Mitcham en Grande Bretagne, à Hambourg et à Issy-les-Moulineaux près de Paris; ils sont appelés à disparaître dans la nouvelle organisation du groupe, parallèlement au renforcement des équipes de pré-développement au sein des divisions. Les équipes de R-D dans les divisions sont réparties essentiellement en Europe et aux USA.

b) Dans le groupe Siemens: la concentration géographique des activités de R-D est très forte. Les deux principaux laboratoires centraux de Siemens sont situés à Munich et à Erlangen (près de Munich); ils emploient respectivement 900 et 600 personnes. Deux autres laboratoires sont appelés à se développer rapidement, du fait précisément de leur localisation; il s'agit des laboratoires de Princeton aux Etats-Unis et de Berlin. La Direction Centrale de la R-D est située dans la banlieue munichoise à proximité du laboratoire central le plus imposant.

c) Dans le groupe Thomson: les implantations restent essentiellement françaises; la recherche de base est localisée près de Paris au LCR, Laboratoire Central de Recherche (330 personnes), qui développe des technologies amont plus particulièrement pour le secteur militaire, et au LER, Laboratoires Electroniques de Rennes (140 personnes), qui réalise des recherches et des activités de développement pour les secteurs des télécommunications et de l'électronique professionnelle. La R-D dans le secteur des composants civils est en grande partie installée à Grenoble et à Agrate près de Milan (SGS-Thomson). La recherche appliquée dans la branche Grand Public est réalisée à Villingen en RFA (600 personnes), à Illkirch près de Strasbourg (100 personnes), à Hanovre (30 personnes). Des équipes de développement sont localisées à Indianapolis et à Singapour. Une coopération étroite existe entre le Centre de Recherche David Sarnoff aux Etats-Unis et Thomson. Des activités de recherche ont été récemment établies à Tokyo.

La localisation des activités de recherche "avancée" dans le groupe Thomson



● Composants

▲ Grand Public

△ Centre de Recherche David Sarnoff

2 - La dynamique de localisation

Les trois entreprises étudiées présentent des caractéristiques communes importantes: elles appartiennent au même secteur industriel, elles maintiennent un niveau élevé de recherche de base dans les mêmes domaines scientifiques et techniques, elles ont mis en place des systèmes de R-D comparables comprenant une structure centrale et des unités décentralisées et évoluent vers les mêmes réorganisations rapprochant la recherche du reste de l'entreprise. Cependant, l'étude des configurations spatiales fait apparaître des divergences et révèle des modes différents de fonctionnement et d'articulation entre les unités.

Notre objectif est de mettre en évidence les dynamiques de localisation des activités de recherche et développement à partir des exemples de Philips, Thomson et Siemens. Dans cette étude, nous privilégions l'analyse des mécanismes qui conduisent les entreprises à adopter une configuration territoriale donnée pour leurs activités de R-D, par rapport à une approche en termes de facteurs de localisation.

La localisation des activités de R-D dans les entreprises est fortement liée à l'évolution des caractéristiques du processus de développement technologique dans l'ensemble des secteurs industriels, dans le secteur auquel appartient l'entreprise, et au sein de chaque entreprise. L'interaction entre les dynamiques territoriales propres à chaque niveau donne leur forme aux systèmes de R-D des entreprises. Parallèlement, il existe un effet en retour de la structure territoriale sur l'organisation du développement des nouvelles technologies à ces trois niveaux, qui contribue également à modeler la configuration spatiale des systèmes de R-D des entreprises.

Après avoir précisé comment fonctionne l'interaction entre l'organisation structurelle du développement technologique et sa forme spatiale, nous analysons les différentes formes de dynamiques territoriales. Cette analyse permet notamment de mettre en évidence les mécanismes qui amènent les entreprises à adopter des modèles différents de fonctionnement territoriaux dans des contextes comparables.

a) La logique du processus de localisation

Le processus de localisation est souvent vu sous la forme de mécanismes d'inscription d'une structure dans des lieux donnés; en fait, il consiste non seulement

à imprimer une forme d'organisation dans un espace, mais également à introduire un type de fonctionnement spatial, lié à la spécificité des sites d'implantation, dans l'organisation structurelle de l'entreprise.

L'étude de la localisation des activités et du fonctionnement des systèmes localisés met en évidence un double mouvement. D'une part, l'organisation structurelle exerce des effets sur la forme de l'organisation spatiale, cette dernière étant caractérisée par la façon dont les activités de R-D mises en oeuvre par l'entreprise et ses partenaires, sont regroupées ou dispersées géographiquement. Le rôle de la structure de l'entreprise est déterminant dans la mesure où les réorganisations structurelles peuvent entraîner des changements importants non seulement dans la configuration géographique de la firme, mais également dans le système de relations spatiales établi à un moment donné. D'autre part, le fonctionnement spatial, défini comme l'inscription d'activités et de pratiques sur un territoire donné, exerce une certaine influence sur la mise en place de l'organisation structurelle des activités.

Ainsi, le processus de localisation des activités de R-D, considéré sous l'angle de ce double mouvement, fait apparaître, d'une part, l'organisation structurelle du système de recherche et développement de l'entreprise comme générateur de certaines formes spatiales et, d'autre part, la configuration spatiale de ce système comme producteur d'une forme spécifique d'organisation et de relations fonctionnelles entre les différentes unités de R-D de la firme.

b) Processus de localisation des activités de R-D et processus de développement technologique

Les dynamiques de territorialisation des systèmes de R-D reposent largement sur la forme du processus de développement technologique dont la configuration spatiale n'est pas déterminée a priori, ce qui a pour effet d'engendrer des divergences importantes entre les firmes. Toutefois, l'analyse de l'interaction entre le processus de localisation et le développement des nouvelles technologies, dans l'ensemble de l'industrie, au niveau de chaque secteur, et dans la firme, mettent en évidence certaines régularités dans les processus de localisation des activités de R-D, observés dans des entreprises différentes.

- la localisation de la R-D et les caractéristiques générales du processus de développement technologique

Dans les modèles traditionnels de représentation du développement technique, dans sa forme structurelle et géographique, trois idées clés apparaissent. Tout d'abord, le développement des nouvelles technologies passe par les trois étapes principales, définies par Schumpeter, l'invention, l'innovation et l'adoption. Dans ce schéma, l'invention est en général localisée dans un lieu précis et repérable, le plus souvent dans les laboratoires de recherche; l'innovation est réalisée par un ou plusieurs entrepreneurs, sa localisation peut être multiple mais relativement restreinte; l'adoption se traduit par une diffusion spatiale large et donc une multiplication des lieux où sont utilisées les nouvelles technologies. La deuxième idée dominante dans la représentation du développement technique est que la recherche et développement mise en oeuvre dans les groupes industriels joue un rôle essentiel à la fois parce qu'elle est la principale source d'invention et parce qu'elle permet à l'entreprise de maintenir une avance technologique par rapport à ses concurrents; dans le modèle de localisation qui découle de cette idée, les lieux d'implantation des activités de recherche constituent des pôles de développement à partir desquels s'organise le reste de l'activité économique. Enfin, la notion de cycle de vie du produit considère que les possibilités d'amélioration technique d'un produit diminuent à chaque étape de son évolution, de son développement à sa maturité; la localisation des différentes activités de R-D, dans ce cas, se déplace du laboratoire central situé en général près des sièges sociaux dans les pays occidentaux, vers les services de R-D, implantés au sein des divisions dans les différentes régions du monde (souvent en Asie du Sud-Est dans le cas de l'électronique).

Ces différents modèles ont pour effet de renforcer les distinctions, notamment entre invention et innovation, monde scientifique et environnement industriel, innovation révolutionnaire et incrémentale, centre et périphérie, innovation de produit et de processus, qui prennent la forme de dualismes pas toujours représentatifs de la réalité. En effet, le développement technologique repose moins sur une série de dichotomies que sur l'interaction entre ces différentes composantes.

Il en résulte certains comportements des entreprises en matière d'organisation spatiale, tels que la création des "centres de compétences internationaux" dans le groupe Philips. Ces derniers sont constitués par des unités choisies au sein du

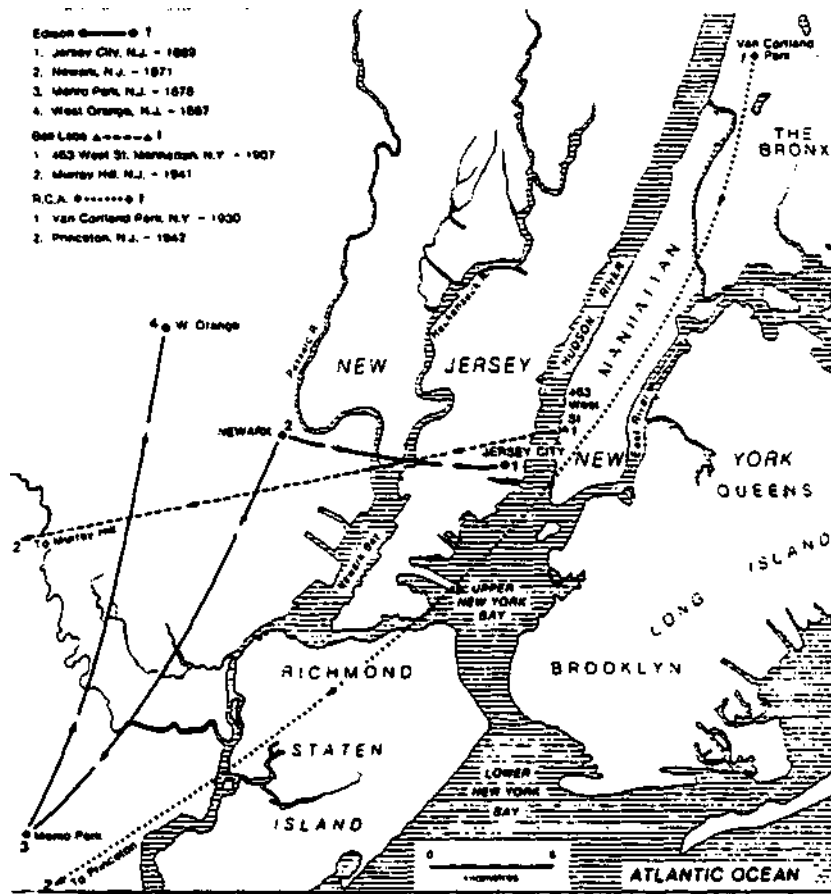
groupe, auxquelles un rôle central de gestion des fonctions de recherche, de production et de marketing est attribué dans un domaine technologique particulier et stratégique pour le groupe. La structure de chaque unité est modifiée et complétée de façon à lui donner les moyens de créer les compétences nécessaires pour atteindre le niveau de centre international. La mutation structurelle et géographique des unités traduit le rapprochement des fonctions de R-D, de production et de marketing et se concrétise par le transfert ou la création d'équipes et de services correspondants au sein de ces unités. Dans certains cas, le transfert physique n'est pas réalisé, mais des relations plus directes (sans passage par le niveau supérieur, notamment) et plus étroites sont établies entre les services.

Au sein du groupe Thomson, un processus de localisation a été mis en place dans le but d'établir des synergies entre le développement des technologies civiles et militaires; il s'est traduit par la création, sur un site nouveau, d'une unité commune à Thomson Consumer Electronics et à Thomson-CSF, réalisant dans un premier temps uniquement des activités de R-D, mais dont les résultats doivent être appliqués dans deux secteurs, l'électronique Grand Public et l'électronique militaire, fonctionnant jusque là de manière nettement séparée.

- la localisation de la R-D et la forme du développement technologique dans le secteur de l'électronique

Les nouvelles technologies suivent certaines trajectoires propres au secteur industriel dans lequel elles se développent, qui guident les firmes dans leur décisions de localisation des activités de R-D. Ainsi, Philips, Thomson et Siemens ont établi des activités de recherche de base sur la côte Est des Etats-Unis autour de New York, région d'origine de l'industrie des semi-conducteurs où sont localisés en particulier les laboratoires Bell. Siemens et Philips ont un laboratoire central, l'un à Princeton, l'autre à Briarcliff Manor; Thomson, après l'acquisition de la firme américaine RCA, a signé un accord de coopération avec son laboratoire central, le Centre de Recherche David Sarnoff repris par le Stanford Research Institute et situé à Princeton.

Les localisations clés de l'industrie électrique entre 1869 et 1942
dans la région de New York



Les trois firmes ont également implanté des équipes de R-D d'une part, aux Etats-Unis, tout d'abord en Californie, dans la Silicon Valley, puis dans le Sud, notamment dans le New Mexico près d'Albuquerque et au Texas près d'Austin, suivant ainsi le déplacement géographique de l'industrie électronique; ce mouvement se poursuit aujourd'hui, avec notamment le transfert, en 1992, des activités de production de circuits intégrés par Philips, de Sunnyvale en Californie à Albuquerque. D'autre part, des services de recherche appliquée et de développement sont installés en Asie du Sud-Est où se constituent des compétences en matière de développement des produits et des processus dans les secteurs de l'électronique et de l'informatique;

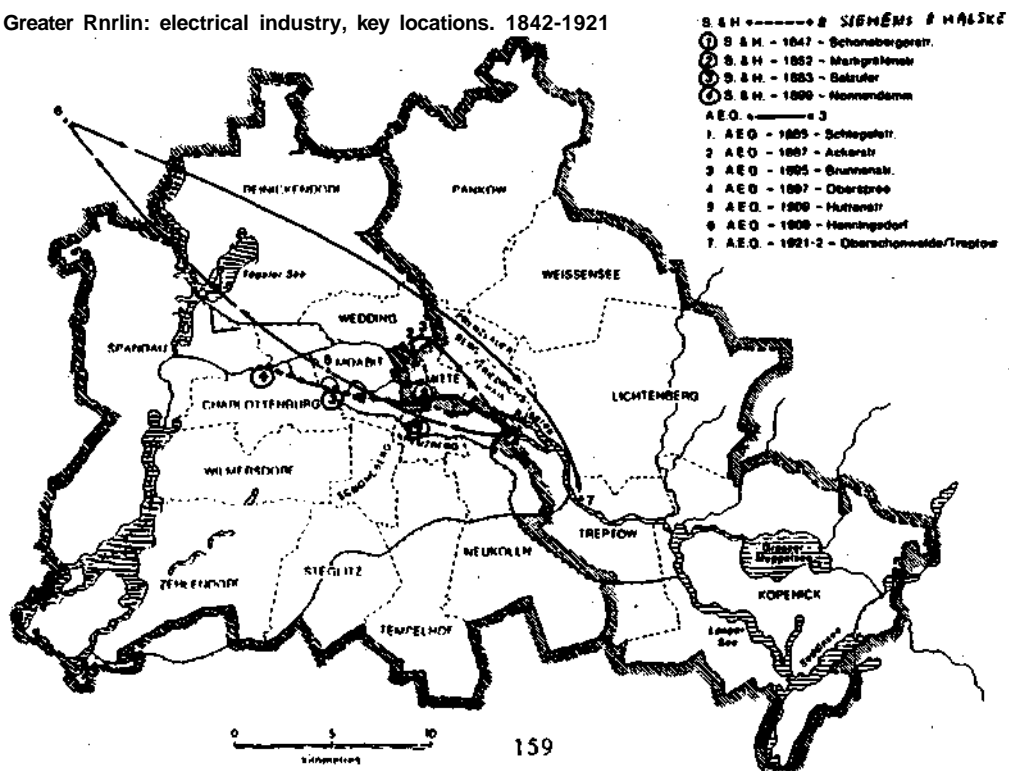
Thomson Consumer Electronics et SGS-Thomson possèdent à Singapour des unités de R-D dans le secteur des composants et de l'électronique Grand Public.

- la localisation de la R-D et l'organisation du développement technologique dans les entreprises: les exemples de Siemens, Philips et Thomson

Malgré des dynamiques de localisation semblables pour les trois firmes considérées dans cette étude, des divergences apparaissent. Les différentes configurations spatiales des activités de R-D résultent en particulier de pratiques techniques et organisationnelles différentes, basées sur l'expérience de chaque entreprise en ce qui concerne le développement des produits et des processus nouveaux; ces pratiques sont fortement liées au contexte historique, politique et social dans lequel se sont développées les entreprises.

Dans le cas de Siemens, l'implantation à Berlin à la fin du XIX^e et au début du XX^e siècle, a largement contribué au développement de la puissance économique du groupe. Berlin, entre 1880 et 1945, était le centre industriel et technologique le plus important au niveau mondial, Selon P. Hall et P. Preston (1988), Berlin constituait une des villes centrales dans le développement du troisième cycle Kondratieff. Siemens a à la fois joué un rôle central dans la constitution de ce pôle industriel et technologique et bénéficié de cette situation. La carte établie par P. Hall et P. Preston montre l'évolution de la localisation des activités de Siemens entre le milieu du XIX^e siècle et la fin de la deuxième guerre mondiale.

Greater Berlin: electrical industry, key locations. 1842-1921



Par ailleurs, plusieurs facteurs et en particulier le poids des syndicats à Berlin au cours de cette période ont conduit les dirigeants à développer très tôt une stratégie d'attachement du personnel à l'entreprise; celle-ci s'est traduite notamment par une politique de formation interne et une gestion centralisée des actions avec les organismes de formation extérieurs, dont l'université de Berlin. Une telle politique a contribué à réduire l'influence des événements extérieurs sur la firme et à lui donner une forte cohésion interne et une localisation unique.

Le développement de l'industrie électrique aux Etats-Unis et les contacts établis par Siemens notamment avec Westinghouse dès le début du XXème siècle, ont joué un rôle important dans la forme spatiale et structurelle des activités de recherche. Ces échanges ont renforcé le mouvement de hiérarchisation fonctionnelle et de rationalisation au sein du groupe allemand, notamment par l'introduction des principes tayloriens d'organisation du travail et du système d'interchangeabilité développés aux Etats-Unis, et ont contribué à l'institutionnalisation des activités de recherche. L'accord conclu en 1922 formalisait une coopération en R-D; il prévoyait en particulier l'échange de brevets, d'informations scientifiques et de techniques de production pour une période de dix ans. De tels contacts avec les laboratoires américains ont contribué à l'implantation d'activités de recherche aux Etats-Unis.

Le déclin économique de Berlin après la seconde guerre mondiale a conduit la majorité des entreprises à déplacer leurs activités vers la Bavière et le Bade-Württemberg. La nouvelle implantation de Siemens à Munich, et notamment l'installation des laboratoires centraux dans cette région a largement contribué à faire de Munich et de la Bavière un centre technologique européen dans le domaine de l'électronique et de l'informatique. De même qu'à Berlin, Siemens est à la fois un élément moteur dans l'établissement des synergies industrielles et technologiques et bénéficie des avantages de cette situation.

Contrairement au groupe Siemens, la compagnie Philips a mis en place très tôt une organisation spatiale et structurelle décentralisée. Son implantation aux Pays-Bas limitait ses possibilités d'expansion (Teulings, 1984); un marché national trop petit pour une production de masse, associé à une culture d'ouverture de la population vers l'extérieur du pays a conduit la firme à s'installer dans les autres pays d'Europe

et du Tiers-Monde. Les mesures protectionnistes mises en place par les gouvernements nationaux pour protéger leur industrie lors de la crise des années 1930 ont amené Philips à racheter des entreprises nationales et à créer des filiales à l'étranger et à leur laisser un certain degré d'autonomie, chaque firme produisant une large série de produits en réponse à la demande nationale. Dans ce contexte, les compagnies nationales implantées dans les principaux pays industrialisés ont mis en oeuvre des activités de recherche adaptées à leurs besoins; ainsi, huit laboratoires centraux ont été créés. Cette politique permettait notamment d'avoir accès aux marchés militaires et de donner une certaine stabilité de développement au groupe. Dans les années 1970, l'internationalisation de Philips, en particulier dans le Sud-Est asiatique, a été guidée par la recherche d'une main d'oeuvre moins chère, par l'augmentation des volumes de production et par l'évolution technologique des produits fabriqués, ce qui a conduit au transfert et au développement non seulement d'unités de production mais également d'équipes de R-D. Toutefois, l'internationalisation des activités n'a jamais remis en cause la localisation du centre de décision de la firme à Eindhoven qui reste un lieu central et stratégique pour l'ensemble du groupe. En fait, la centralisation se renforce actuellement dans le cadre du mouvement de rationalisation des activités, en particulier dans le domaine de la R-D.

Les pratiques au sein de Thomson sont différentes compte tenu à la fois de son statut d'entreprise nationalisée et de la nature de son activité traditionnellement orientée vers le secteur militaire. La place de l'Etat français, d'une part, dans l'orientation du développement technologique en général, et d'autre part, en ce qui concerne la mise en place des stratégies au sein de Thomson, a fortement influencé la dynamique d'organisation territoriale des activités de recherche du groupe. Tout d'abord, les relations étroites avec le secteur militaire ont limité l'expansion des implantations à l'extérieur des frontières nationales. Ensuite, la politique d'aménagement du territoire a joué un rôle déterminant dans la configuration territoriale actuelle du groupe. Ainsi, la localisation du LCR au Sud-Ouest de Paris met en évidence à la fois la centralisation des activités économiques et administratives dans le système français et la politique de décentralisation, notamment des activités de recherche, vers l'extérieur de Paris. L'implantation du LER à Rennes résulte de la politique d'aide aux régions défavorisées, qui avait pour objectif de constituer en Bretagne un pôle de développement dans le secteur des télécommunications. Enfin, la localisation plus récente des activités de R-D dans le domaine des circuits intégrés et des écrans plats à cristaux liquides à Grenoble,

répond à l'incitation directe des pouvoirs publics français, en particulier dans le cas de SGS-Thomson (les aides financières françaises pour l'implantation de la filiale franco-italienne étaient plus favorables que les aides italiennes), mais également à l'attraction d'un milieu favorable à l'innovation, dont la constitution résulte largement de la volonté des autorités publiques.

Les grands groupes industriels façonnent l'espace de la recherche et sont façonnés par lui. Ce double effet est dû notamment au fait que l'organisation des activités de recherche est liée à la forme du changement technologique, dans l'industrie en général, dans chaque secteur et au sein de chaque firme; l'objectif des entreprises dans ce contexte est de rendre compatible la structure du système de recherche et de l'entreprise avec la forme du processus d'évolution technique à ces différents niveaux.

Les trois modèles d'organisation Philips. Thomson et Siemens

| | Philips | Thomson | Siemens |
|--|---|---|--|
| Forme d'organisation | | | |
| du système de R-D | | | |
| structure dans le groupe | fédérée au niveau central / fédérée au niveau des pays | non fédérée au niveau central / fédérée au niveau des branches | fédérée au niveau central |
| Processus de décision | décentralisation des décisions | décentralisation au niveau des branches | centralisation des décisions |
| structuration de l'activité | basée sur les compétences des scientifiques et les secteurs d'application | segmentation par disciplines cl par produits | basée sur les technologies maîtrisées par l'entreprise |
| Fonctionnement du système de R-D dans la structure globale | | | |
| Relations Laboratoires centraux / Divisions | formalisées, échanges contractualisés | faibles, informelles | limitées |
| Rapprochement marketing, R-D, production | organisé structurel lemcnl au niveau du groupe | ponctuel, limité à quelques services | ponctuel |
| Relations avec l'environnement | structures de coopération avec l'université au niveau central / relations limitées au niveau des pays | échanges avec les laboratoires publics | échanges étroits, institutionnalisés avec les universités |
| Organisation spatiale de la R-D | | | |
| Implantation territoriale et évolution | diversifiée diminution du nombre de laboratoires centraux | centralisée dans le militaire / décentralisée dans le civil diminution du nombre de laboratoires centraux | centralisée stabilisation du nombre de laboratoires centraux |
| Dynamique de localisation | alternance dynamique interne / externe | interne / liée à l'action des pouvoirs publics | interne, influence externe secondaire |

Chapitre 3

La R-D comme composante du processus d'innovation: le cas des circuits spécifiques et des écrans à cristaux liquides

La R-D est considérée et gérée comme une fonction dans la structure de l'entreprise mais elle peut également être regardée comme un élément du processus d'innovation.

L'innovation technique dans les firmes prend la forme d'un ensemble d'opérations et d'interactions ayant pour objet la transformation des idées nouvelles en produits et processus de production nouveaux. Ce processus d'innovation est souvent représenté par un modèle linéaire dans lequel la recherche constitue la première phase, qui conduit au développement du produit, puis à sa fabrication et à sa distribution sur le marché, c'est-à-dire comme une séquence d'opérations coïncidant avec les diverses fonctions.

Toutefois, de plus en plus, les chercheurs et les industriels s'accordent pour considérer que cette représentation du processus ne rend pas compte de la situation réelle. L'innovation n'est pas un phénomène régulier et permanent; il s'agit en fait, d'un processus, prenant différentes formes selon les entreprises, les secteurs et les produits considérés. Certaines caractéristiques du modèle linéaire sont particulièrement peu représentatives de la réalité. Ce schéma, notamment, ne prend pas en compte les nombreux feedbacks qui ont lieu au cours du processus de conception-développement entre d'une part, les activités de R-D et d'autre part, les opérations de production et les informations fournies par le marché. Une autre difficulté dans la représentation du processus d'innovation résulte du rôle central attribué à la science; une telle configuration tend à minimiser la place de la pratique et de la technique qui jouent souvent un rôle important dans le développement de l'innovation.

Plusieurs tentatives ont été faites pour modifier ce modèle et l'adapter aux situations observées dans la réalité. Ainsi dans certains modèles, l'enchaînement séquentiel des opérations ou des fonctions est remplacé par un déroulement "en parallèle", au cours duquel chaque phase d'activité débute avant la fin de l'étape précédente. Le processus d'innovation est également de plus en plus représenté sous une forme mettant en évidence

l'intégration des activités; dans ce type de modèle, certaines opérations ou certaines phases ont lieu simultanément, par exemple le développement et le marketing. Dans le cas du "chain-linked model" développé par S J. Kline et N. Rosenberg (1986), la représentation du processus d'innovation comprend plusieurs types d'enchaînement des activités: tout d'abord, une chaîne centrale allant du marketing à la distribution commerciale en passant par la conception du produit, la mise au point, le test et la production; ensuite, plusieurs catégories d'échanges et de contacts entre d'une part, la recherche et l'ensemble des compétences de la firme et d'autre part, les différents éléments de cette chaîne centrale (voir première partie, section 1, "les modèles d'interaction entre la science et le marché").

Il ressort deux idées essentielles de l'analyse de ces différents modèles. D'une part, l'innovation est de plus en plus considérée comme un processus non linéaire, dans lequel les interactions entre les actions et les cadres fonctionnels des opérations jouent un rôle essentiel, au-delà de la simple organisation séquentielle. D'autre part, ceci modifie le point de vue porté sur la R-D qui doit être lue comme un élément, un "acteur" de ce processus, et non plus seulement comme une étape d'un déroulement fonctionnel. En particulier, la R-D n'est plus seulement une source de technologies nouvelles ou un lieu de passage pour les innovations techniques venant de l'extérieur. Elle est désormais impliquée dans un processus au sein duquel elle assure un rôle d'interface entre des fonctions et entre des acteurs, et peut constituer un lieu de synthèse. Elle est également appelée à jouer un rôle plus dynamique, à la fois initiateur et moteur, nécessitant une certaine continuité des échanges avec les autres fonctions pendant tout le déroulement du processus d'innovation. Face à cette évolution, se pose le problème de la gestion et du pilotage de ce rôle d'initiateur, l'action exercée par la R-D dans le processus d'innovation doit être guidée et orientée.

L'analyse des différentes expériences réalisées dans les firmes met en évidence le développement de cette nouvelle culture; notamment elle permet de mettre à jour le nouveau rôle de la R-D dans les organisations mises en place. Les observations faites révèlent également les problèmes rencontrés dans le cadre d'une telle évolution. Le processus d'innovation reste mal défini et en recherche de structuration, ce qui se traduit en particulier par des difficultés quant à l'articulation des nouvelles formes d'organisation avec la structure globale de la firme.

A partir de l'étude de deux innovations techniques récentes apparues dans le secteur de l'électronique, nous tenterons de mettre en évidence les nouvelles logiques qui guident la mise en oeuvre des organisations destinées à gérer le processus d'innovation. Ces deux technologies sont différenciées du point de vue de l'organisation qui assure leur développement. La conception et le développement des ASIC s'appuie directement sur la structure globale des firmes et utilise les compétences et les équipements en place. Il n'est pas créé une entité unique et spécifique: l'organisation mise en place est imbriquée dans celle de la firme; les équipes chargées des différentes phases du processus d'innovation sont disséminées dans les départements de l'entreprise. La deuxième innovation technique étudiée, les écrans plats à cristaux liquides, constitue un axe de recherche privilégié dans la stratégie du groupe Thomson; elle a fait l'objet de la création d'une structure spécifique unique; cette unité réunit la totalité des compétences nécessaires à la mise en place du processus d'innovation.

L'étude de ces deux cas concrets va nous servir de support à une réflexion sur la nature et le fonctionnement du processus d'innovation et plus particulièrement sur le rôle de la R-D dans ce processus. Cette analyse permettra de mettre en évidence le développement, au sein des unités de R-D, d'une culture basée sur l'idée d'intégration des activités dans un processus; nous tenterons de montrer comment cette évolution remet en cause l'organisation structurelle et spatiale de l'activité de recherche-développement telle qu'elle est conçue dans le modèle taylorien-fayolien d'organisation par fonction.

Section 1 - Organisation d'un processus d'innovation multi-acteur réparti dans l'entreprise - L'exemple des ASIC

Les circuits intégrés à application spécifique sont des circuits capables d'exécuter une ou plusieurs fonctions précises; ils sont produits pour un système donné et pour un utilisateur particulier; ce dernier définit en collaboration avec le producteur, les fonctions qu'il souhaite faire exécuter.

Ce type de circuit est apparu à la fin des années 1970; il ne s'agit donc pas d'une technologie nouvelle, en phase de conception. Certaines technologies ASIC sont maintenant bien maîtrisées et plusieurs types de circuits spécifiques font l'objet d'une production industrielle. Ainsi, la structure qui est mise en place dans les firmes pour gérer le processus d'innovation dans ce domaine a pour objectif d'une part, d'améliorer des technologies connues et d'autre part, de concevoir et de mettre au point de nouvelles technologies pour produire ce type de circuit

Du point de vue de l'organisation du processus d'innovation, il est important de noter que les ASIC constituent une variante par rapport aux circuits intégrés standards; ainsi l'innovation dans ce domaine repose largement sur les progrès scientifiques et techniques réalisés dans le secteur des semiconducteurs. Toutefois, l'évolution technologique actuelle a lieu également dans le sens inverse: les ASIC, compte tenu des nouvelles possibilités qu'ils offrent et de leur caractère stratégique, jouent de plus en plus un rôle de moteur pour le développement technologique de l'ensemble de l'industrie des semiconducteurs (voir annexe "Les circuits spécifiques"). Il en découle une volonté de rationalisation des structures de développement des ASIC, et souvent une tendance à une plus grande centralisation du processus conception-production-vente, au sein des groupes industriels.

L'étude réalisée dans les trois groupes industriels Siemens, Philips et Thomson montre que les organisations mises en place reposent sur des structures comparables; dans les trois firmes le processus d'innovation est pris en charge par plusieurs entités disséminées et imbriquées dans l'organisation de la firme. L'analyse du fonctionnement de ces structures a permis de dégager plusieurs critères d'organisation tels que la forme de la structure au sein

de laquelle se déroule le processus d'innovation, l'imbrication dans le fonctionnement global de la firme, l'organisation spatiale des activités d'innovation.

1 - La forme de la structure

On observe, au sein de la structure mise en place dans chaque firme, une combinaison entre des unités spécifiques dont l'activité ne concerne que les ASIC et des groupes rattachés le plus souvent à la branche Composants ou Semiconducteurs, travaillant également sur d'autres types de circuits intégrés.

Une structure commune peut être observée à travers les différentes expériences faites par les entreprises, dans la mesure où certains types d'unités existent dans les trois groupes; toutefois, les principes de fonctionnement des structures considérées varient d'une entreprise à l'autre selon les stratégies d'organisation. L'analyse des différents types de fonctionnement permet de mettre en évidence les problèmes de structuration de ce processus.

a) Les centres de design,

Les centres de design matérialisent une phase essentielle du processus d'innovation; ils sont le lieu où, d'une part, s'effectue la conception technique des circuits spécifiques et, où d'autre part, est assurée l'interaction entre les clients et l'entreprise. Les clients définissent les circuits intégrés qu'ils souhaitent produire en coopération avec les ingénieurs de l'entreprise; ils sont ainsi associés à l'entreprise dès la phase de conception du produit; cette caractéristique du processus de conception constitue un aspect essentiel de la nouveauté de ce produit. Les centres de design ont un rôle à la fois technique et commercial. Ils réalisent la conception des circuits, et à ce titre disposent de tous les outils informatiques nécessaires; ils ont également un rôle commercial, ils participent à la promotion et parfois à la vente des circuits. Pour assurer ce double rôle, ils sont constitués de personnels de marketing et de R-D. Ils représentent un lieu stratégique de transfert des nouvelles technologies entre les laboratoires et services de R-D des entreprises et le marché.

Toutefois, on observe une tendance au déplacement de l'activité de conception des circuits spécifiques; celle-ci a lieu de plus en plus chez le client, avec une assistance plus ou moins

grande de la part du fabricant. Par ailleurs, chez le fabricant, cette activité est recentralisée. Il en résulte une évolution vers une réduction du nombre de centres de design, ceux-ci étant progressivement remplacés par des équipes techniques dispersées sur les sites commerciaux.

Cette évolution est particulièrement visible chez SGS-Thomson qui avait développé un réseau important de centres de design; ils constituaient à la fin des années 80 un des principaux lieux de l'activité relative aux ASIC. La réduction de leur nombre s'accompagne d'une restructuration du processus de conception et de la mise en place d'une nouvelle configuration spatiale de l'activité ASIC.

De même dans l'organisation mise en place par Siemens, leur nombre est progressivement réduit; Siemens renforce sa structure centrale et ne laisse localement que des services "support".

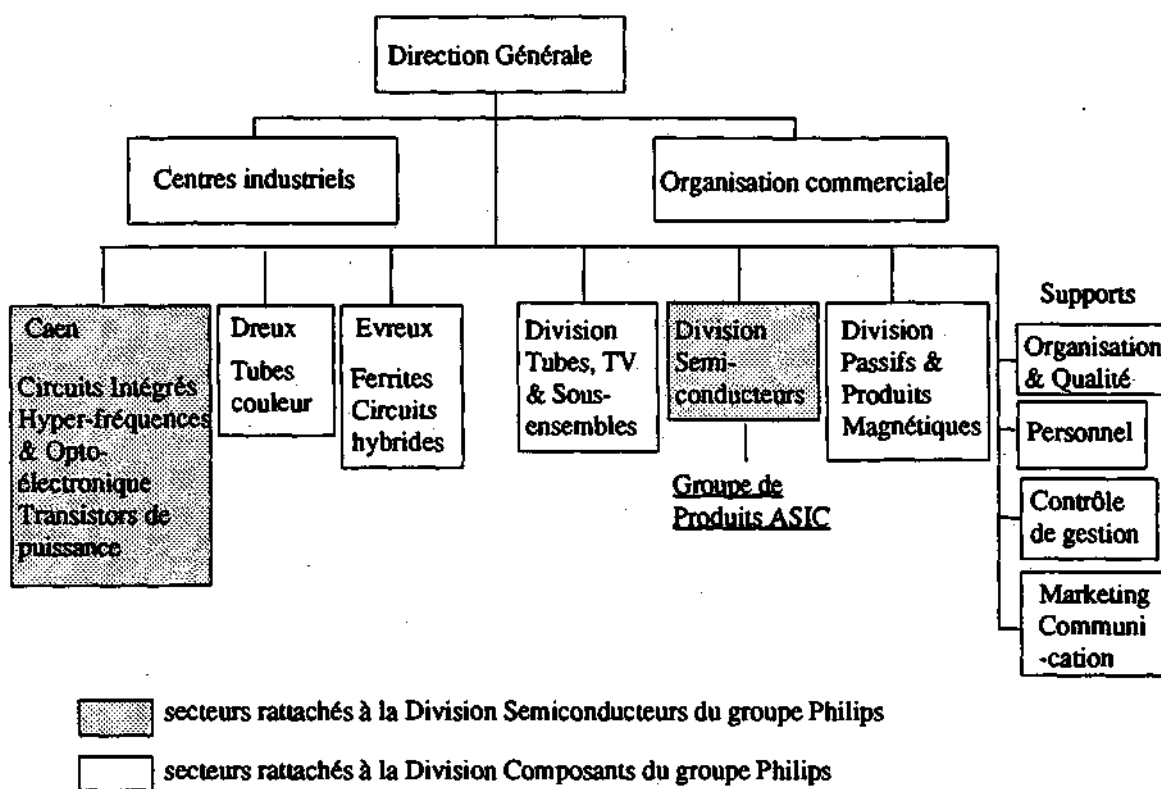
On observe également ce changement de tendance au sein du groupe Philips; après une période de forte croissance du nombre de centres de design, la tendance actuelle est de réduire le nombre d'implantations. L'expansion des centres de design avait notamment pour objectif de se rapprocher du client en allant vers lui. Or, la multiplication des localisations a eu pour effet d'éloigner les activités de développement réalisées dans les centres de design des activités de recherche effectuées sur les nouvelles technologies dans les laboratoires centraux; cette distance limitait le développement de l'innovation. L'organisation actuelle tente de rétablir la relation entre le développement et la recherche. L'activité de recherche de base, notamment la conception de nouveaux outils, est exercée par les laboratoires centraux; la liaison avec le client et l'"innovation système", c'est-à-dire la définition d'un produit adapté au besoin du client sont assurées dans les laboratoires d'application; enfin la conception des circuits et la mise au point des nouvelles technologies d'ASIC sont réalisées dans les centres de conception.

b^ L'entité responsable du pilotage du processus d'innovation

Au sein de la compagnie Philips, le Groupe de Produits ASIC se trouve au centre du processus de conception-développement des circuits spécifiques. Dans l'organisation matricielle de la compagnie, du point de vue de l'organisation par produit, ce service est

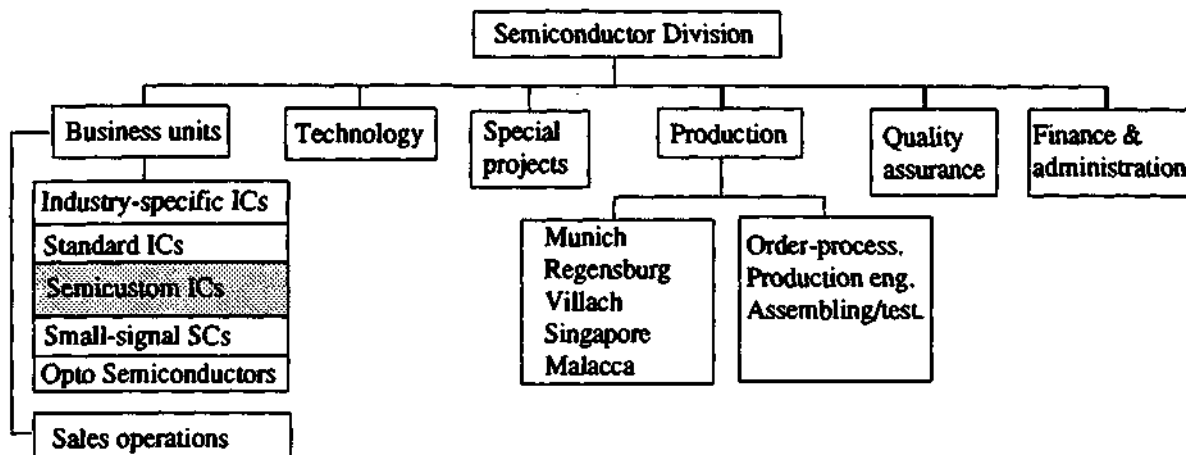
rattaché à la branche Semiconducteurs et du point de vue de la structure par pays, en France par exemple, il appartient à la Compagnie Française Philips (Division Semiconducteurs). Ce groupe est chargé non seulement du développement des ASIC mais aussi de tous les produits non standards. Il assure un service technico-commercial et joue un rôle d'interface entre le client et l'usine de production.

La localisation du Groupe de Produits ASIC au sein de la structure de Philips Composants en France



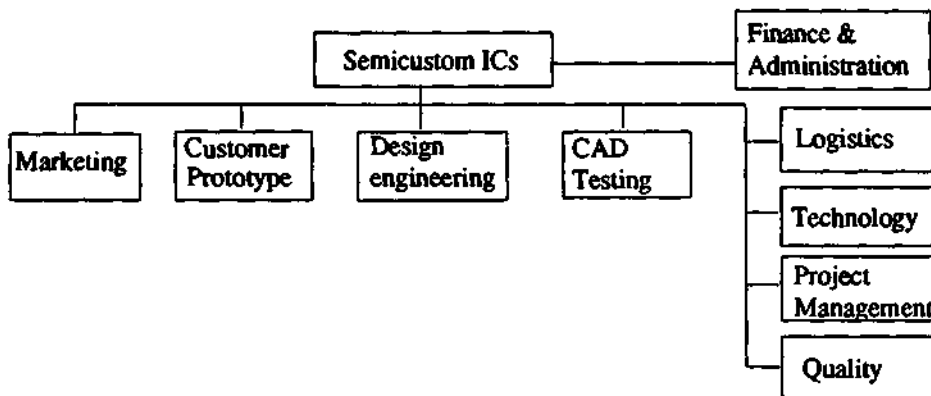
Chez Siemens, l'entité responsable de l'activité ASIC est l'unité "Semicustoms" qui appartient à la Division Semiconducteurs, une des treize divisions industrielles du groupe. L'activité de cette unité ne concerne que les ASIC.

La localisation de l'unité ASIC "Semicustom" au sein de la Division Semiconducteurs chez Siemens



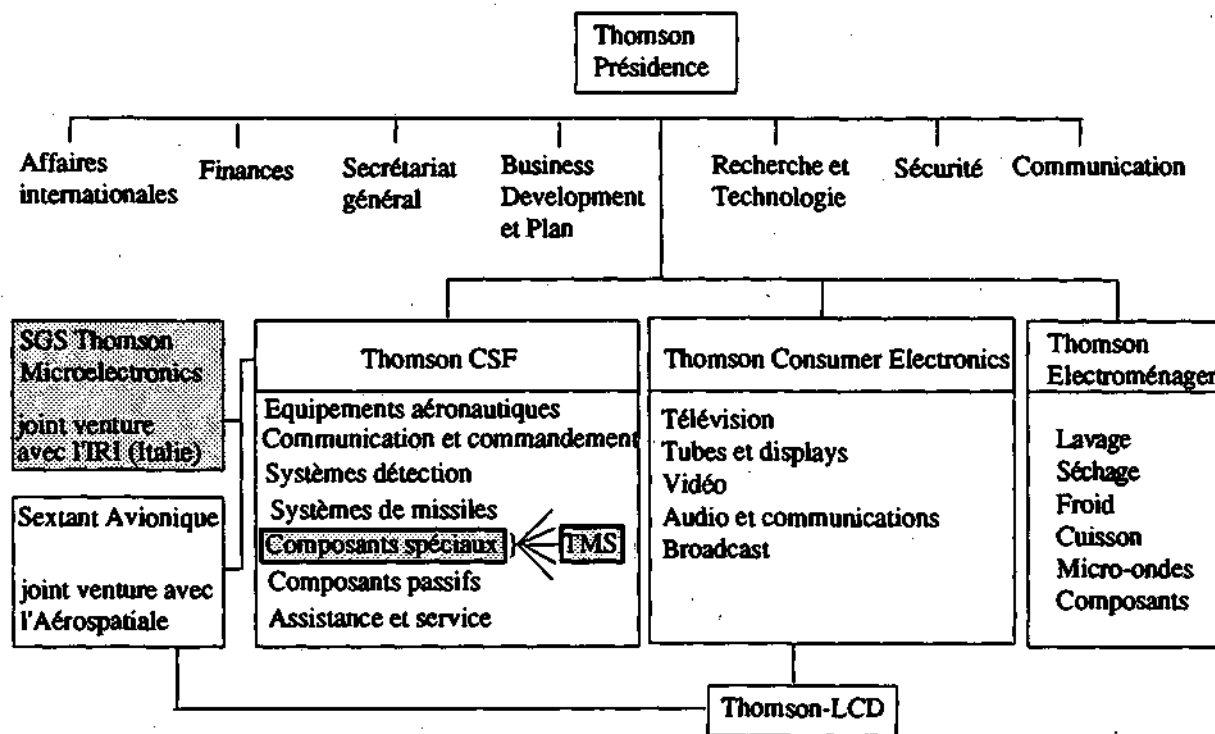
L'unité "Semicustom" a un rôle de support dans plusieurs domaines: marketing, design, logistique. Elle comprend environ 140 personnes. La fabrication et la R-D ne sont pas assurées au sein de cette unité. Du point de vue des relations avec l'extérieur, elle joue un rôle d'interface entre l'usine de production et le client; dans l'organisation interne de l'entreprise, elle se situe à l'intersection de plusieurs fonctions: développement, production, qualité, commercial. Cette unité est considérée comme centrale dans l'organisation du processus d'innovation parce qu'elle constitue un lieu de passage obligé entre les centres de design répartis dans le monde et les services centraux du groupe, notamment la R-D et la fabrication.

La structure de l'unité "Semicustom"



Dans le groupe Thomson, le développement, la production et la vente des ASIC sont assurées par des entités différentes selon qu'il s'agit de circuits pour le marché civil ou pour le secteur militaire. Dans le premier cas, SGS-Thomson, filiale à 50% du groupe Thomson¹ et de la firme italienne IRI-STET, prend en charge l'ensemble du processus, de la conception à la vente; dans le second cas, les circuits sont mis au point et fabriqués par Thomson Composants Militaires et Spatiaux, filiale à 100% de Thomson-CSF, appartenant à la branche Composants Spéciaux de Thomson-CSF.

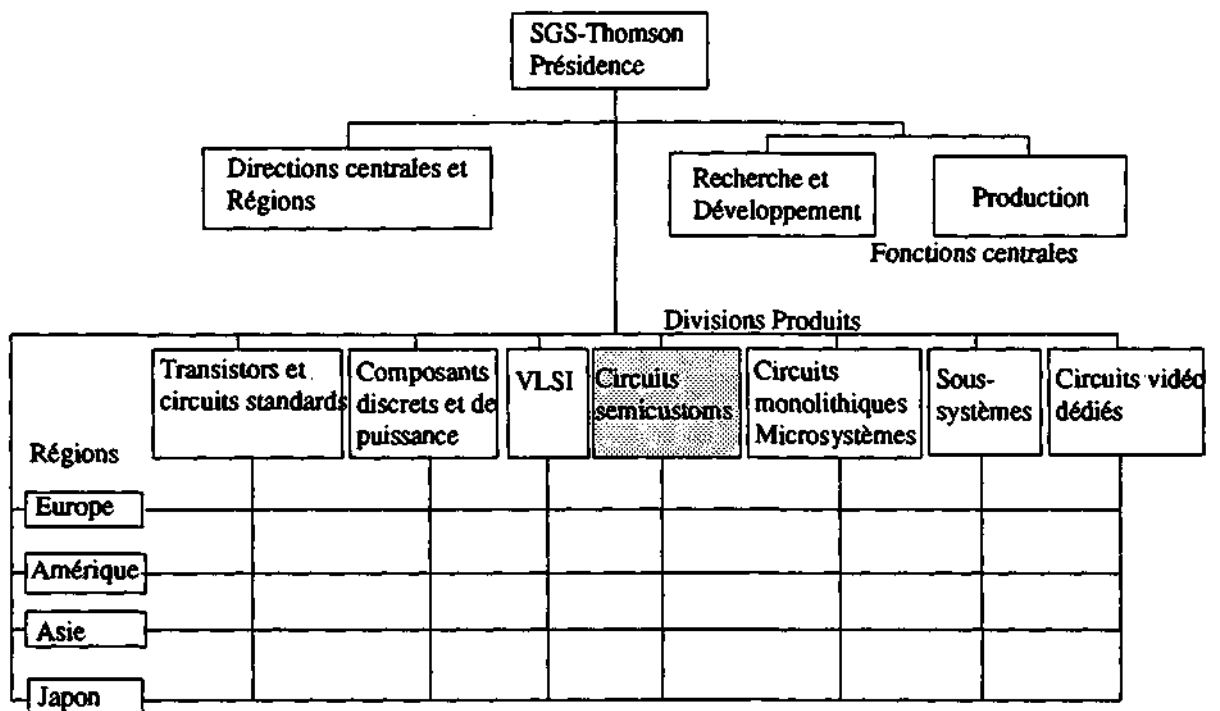
La localisation de SGS-Thomson et de TMS (Thomson Composants Militaires et Spatiaux) au sein du groupe Thomson



¹ Suite à la restructuration qui a eu lieu en 1992, SGS-Thomson a été rattachée au groupe Thomson CEA Industrie et n'appartient plus à la Compagnie Thomson SA.

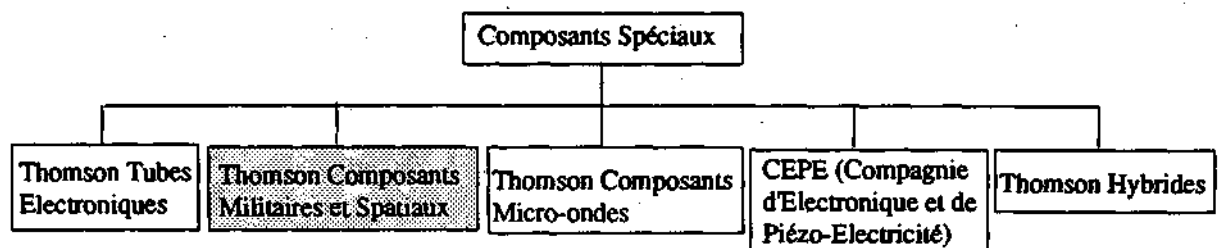
SGS-Thomson a pour mission de mettre en place une activité de développement et de production pour l'ensemble des circuits intégrés dans le secteur civil. Deux unités ont été créées au sein de SGS-Thomson pour assurer l'activité ASIC: 1ST, Innovative Silicon Technology à Agrate près de Milan, et ANACA, Analog Cells and Arrays à Grenoble; chacune comprend quatre entités: marketing, engineering, planning, R-D.

La structure de SGS-Thomson



Thomson Composants Militaires et Spatiaux fournit à l'ensemble du groupe différentes catégories de composants militaires, des ASIC mais également des mémoires, microprocesseurs et produits courants. Du point de vue de l'organisation par fonctions et services spécialisés, les phases de conception et développement, qui constituent le coeur du processus d'innovation, sont prises en charge par le service Etudes. L'activité relative aux ASIC s'appuie sur deux services: l'un assure le développement et la production des circuits, l'autre le marketing et un support technique.

La structure de la branche Composants Spéciaux et la localisation de Thomson Composants Militaires et Spatiaux



2 - Les différentes fonctions intervenant dans le processus d'innovation des ASIC: l'articulation avec l'organisation par fonction

a) La fonction de direction: l'entité responsable du processus d'innovation n'est pas autonome.

Chez Thomson dans le secteur militaire, la décision de développer un produit, de lancer un programme est prise par la direction de TMS, dans le cadre des directives établies au niveau de la direction de la branche Composants Spéciaux.

Chez Siemens, le processus de décision est très centralisé: les décisions sont prises par la direction de la division Semiconducteurs.

Dans le groupe Philips, les décisions relatives aux affaires courantes sont prises localement par le responsable du Groupe de Produits ASIC. Lorsque les décisions recouvrent des enjeux plus stratégiques (ouverture d'un nouveau marché, mise en oeuvre de financements élevés...), elles relèvent de la direction de la branche Semiconducteurs. La marge d'autonomie laissée à la structure locale a tendance à être réduite; parallèlement un mouvement de centralisation a lieu dans cette branche. Jusqu'en 1990 il existait une division ASIC dans la structure du groupe; elle a été supprimée et les activités ASIC ont été réparties dans les différentes divisions. Au contraire, au sein de la filiale américaine Signetics, cette structure centrale a été conservée dans le but de privilégier la relation avec le client, celle-ci pouvant alors être organisée à un niveau stratégique.

De façon générale, dans les trois firmes, les processus de décision sont constitués pour une large part, de négociations et de nombreux feedbacks entre les intervenants, selon des procédures plus ou moins formalisées. Ainsi chez Philips, les responsables des laboratoires d'application se réunissent plusieurs fois par an au siège social. Par ailleurs, les contacts entre les responsables des Groupes de Produits ASIC de chaque pays et la direction de la branche Semiconducteurs à Eindhoven semblent relativement fréquents.

b) La fonction de production: la production des ASIC est souvent réalisée par les mêmes unités et services qui assurent la production des circuits standards. Des aménagements spécifiques aux ASIC sont prévus dans le processus de fabrication, en général aux étapes finales où apparaissent le plus souvent les goulots d'étranglement. La dernière opération du processus est la métallisation qui établit les connexions entre les transistors, cellules, blocs que contient le circuit. Ces liaisons sont réalisées selon les fonctions attendues du circuit ASIC, elles lui donnent ses caractéristiques. Chez Siemens, des lignes de métallisation spéciales ont été mises en place à Munich. Cette organisation répond à un souci de flexibilité et permet d'éviter les pertes de temps (on ne peut pas attendre que les lignes se libèrent), particulièrement importantes dans le domaine des ASIC.

Les échanges avec la production, chez Thomson Composants Militaires et Spatiaux, se font au moment du test, en fin de processus. L'opération de test est réalisée par une équipe assurant l'interface entre le service Etudes qui gère le processus d'innovation et la production; cette équipe appartient depuis deux ans au département Production; elle était

auparavant rattachée à celui de la Conception. TMS envoie les circuits dans les unités de fabrication du groupe Thomson ou à l'extérieur selon la technologie utilisée.

Chez SGS-Thomson, l'entité Engineering, au sein des unités IST et ANACA qui prennent en charge le processus d'innovation, gère directement la fabrication. Elle envoie les circuits dans les unités de production de SGS-Thomson en fonction de la technologie utilisée.

La relation avec la production dans le groupe Siemens est assurée par l'unité spécifique Semicustoms qui fabrique les prototypes et suit la fabrication des circuits, en contact permanent, d'une part avec les responsables de fabrication et, d'autre part avec le client (directement ou par l'intermédiaire d'un responsable de centre de design). Le service Semicustoms chez Siemens, a pour seul interlocuteur le service de production commun à toute la division Semiconducteurs.

Chez Philips, les relations avec la fonction de production ont été modifiées suite à une réorganisation récente des activités ASIC. Tous les ASIC passaient par une unité de fonderie et d'interface située à Nimègue aux Pays-Bas, chargée notamment de l'attribution d'un agrément, du formatage, de la préparation du test; ce détour a été supprimé. Le Groupe de Produits ASIC est désormais directement en contact avec les usines de production. Celles-ci ne fabriquent pas uniquement des ASIC mais également tous les circuits standards. De même, chaque organisation nationale possédait des usines compétentes dans la fabrication de tous les types de circuits; dans le but de limiter les redondances et de réduire les tensions entre les unités produisant les mêmes familles technologiques, les usines sont de plus en plus spécialisées par technologie. Il existe toutefois des chevauchements; ainsi, chaque technologie est produite dans deux usines afin de limiter les risques. Chaque centre de développement des ASIC au sein de la compagnie Philips, tel que le Groupe de Produits ASIC en France, peut s'adresser à toutes les unités de production du groupe; en réalité, des relations privilégiées s'établissent avec certaines usines selon leur localisation, les facilités de transport ou les contacts personnels.

c) La fonction de marketing: cette fonction est en général exercée par l'unité responsable de l'activité de conception et de développement des ASIC dans les entreprises, ce qui a pour effet d'établir des relations étroites entre le marketing et le développement. D'un point de vue structurel, le rôle clé de la fonction de marketing se traduit par le fait que l'entité

chargée de la gestion de l'activité ASIC constitue un département commercial ou est rattachée à une division commerciale.

Chez Siemens, le marketing est une des principales fonctions de l'unité Semicustoms. Chez Philips le Groupe de Produits ASIC exerce cette fonction pour les petits clients; il existe par ailleurs un service de marketing, appelé "marketing stratégique" centralisé au siège du groupe à Eindhoven; ce service a deux rôles: au niveau fonctionnel il assure l'harmonisation de ce qui est fait dans tout le groupe, et au niveau opérationnel il est chargé des relations avec les gros clients. Chez Thomson, dans le domaine civil, les deux entités responsables du processus d'innovation des ASIC au sein de SGS-Thomson, sont dotées d'une structure marketing. Dans le secteur militaire, le centre ASIC de TMS est principalement chargé de cette fonction qui prend un aspect particulier dans le domaine militaire: il est difficile de convaincre les militaires d'acheter un produit qu'ils n'ont pas demandé.

d) La fonction de R-D: la recherche faite dans le domaine des ASIC est de la recherche appliquée; elle a pour but de définir les règles qui permettent de mettre en application les lois fondamentales de l'électronique pour un objectif défini. Les liens avec la recherche de base ne sont pas très étroits dans la mesure où les ASIC sont fabriqués le plus souvent par les mêmes lignes de production que les circuits intégrés et bénéficient directement du résultat des recherches réalisées en microélectronique.

Toutefois des échanges entre les activités de conception/développement des ASIC et la recherche de base en microélectronique existent. Ils sont souvent informels et difficiles à cerner, ne se développant pas dans le cadre de structures ou organisations spécifiques, mais dans les trois firmes ils sont considérés comme indispensables par les responsables du processus d'innovation des circuits spécifiques: l'innovation dans les ASIC passe notamment par une amélioration des connaissances au niveau des matériaux utilisés et de leur comportement. Chez Siemens l'unité Semicustoms bénéficie des progrès réalisés en technologie CMOS dans le cadre du "Mega Project" concernant les circuits standards, par l'utilisation des mêmes lignes de production. Dans le cas de Thomson Composants Militaires et Spatiaux, une équipe de recherche du LETI met au point les technologies, celles-ci sont ensuite industrialisées sans que l'équipe ASIC prenne part directement à cette évolution; les circuits sont produits selon une nouvelle technologie et l'équipe ASIC intègre

progressivement les possibilités offertes dans son activité de conception. Chez Philips, au sein de la Compagnie Française, une cellule de R-D est chargée de la relation entre la recherche et son application en ce qui concerne tous les circuits intégrés, y compris les ASIC. Cette relation s'établit à différents niveaux: en ce qui concerne les recherches sur les technologies, les contacts ont lieu entre les chercheurs et les ingénieurs de production, lorsqu'il s'agit de recherches sur les logiciels, les échanges sont établis entre les chercheurs et les ingénieurs de développement. Ces relations prennent la forme de rencontres régulières, souvent quotidiennes, ou de déplacements d'équipes de chercheurs et d'ingénieurs de production. Un des objectifs actuellement est de mettre en place une relation plus étroite entre, d'une part, le développement et la production des circuits standards et spécifiques et, d'autre part, la recherche à long terme. Cette relation peut être renforcée par l'intermédiaire du marketing stratégique qui, pour effectuer des prévisions à un horizon de cinq à dix ans, doit développer des échanges avec la recherche à long terme. Cette relation semble encore peu formalisée. Actuellement elle prend la forme de réunions mensuelles des directeurs d'usines au sein des laboratoires centraux; le but est de donner aux responsables du secteur de la production des informations sur les technologies en phase de recherche.

Des recherches plus spécifiques sont menées en ce qui concerne les logiciels et les outils informatiques utilisés pour la conception des ASIC. Ces recherches plus appliquées répondent à deux types d'enjeux déterminants: le raccourcissement du délai de conception et par suite de livraison au client, et l'amélioration de la qualité du circuit (confidentialité mieux assurée, fonctions du circuit plus complexes). Ce domaine de recherche fait l'objet actuellement d'investissements importants, en matériels et en ressources humaines; en effet, dans le cadre de l'évolution technologique en cours, les ASIC prennent progressivement la forme de circuits standards, fabriqués en série, la définition des fonctions étant réalisée ensuite, en fin de processus, à l'aide de logiciels. Dans ce cas, les relations entre les équipes chargées de la R-D et celles directement concernées par la mise au point et la vente des circuits demandés par les clients, sont beaucoup plus étroites.

Ainsi, dans l'organisation de TMS, l'équipe ASIQ chargée de la fonction de marketing est en relation avec le client et conçoit les projets qu'il demande, elle propose des développements nouveaux en ce qui concerne le circuit lui-même mais ne remet pas en question les outils dont elle dispose; ces outils lui sont fournis par une équipe rattachée à la

fonction de R-D avec qui elle établit des contacts étroits et qui effectue des recherches sur la bibliothèque de base et les outils de développement.

3 - L'organisation spatiale

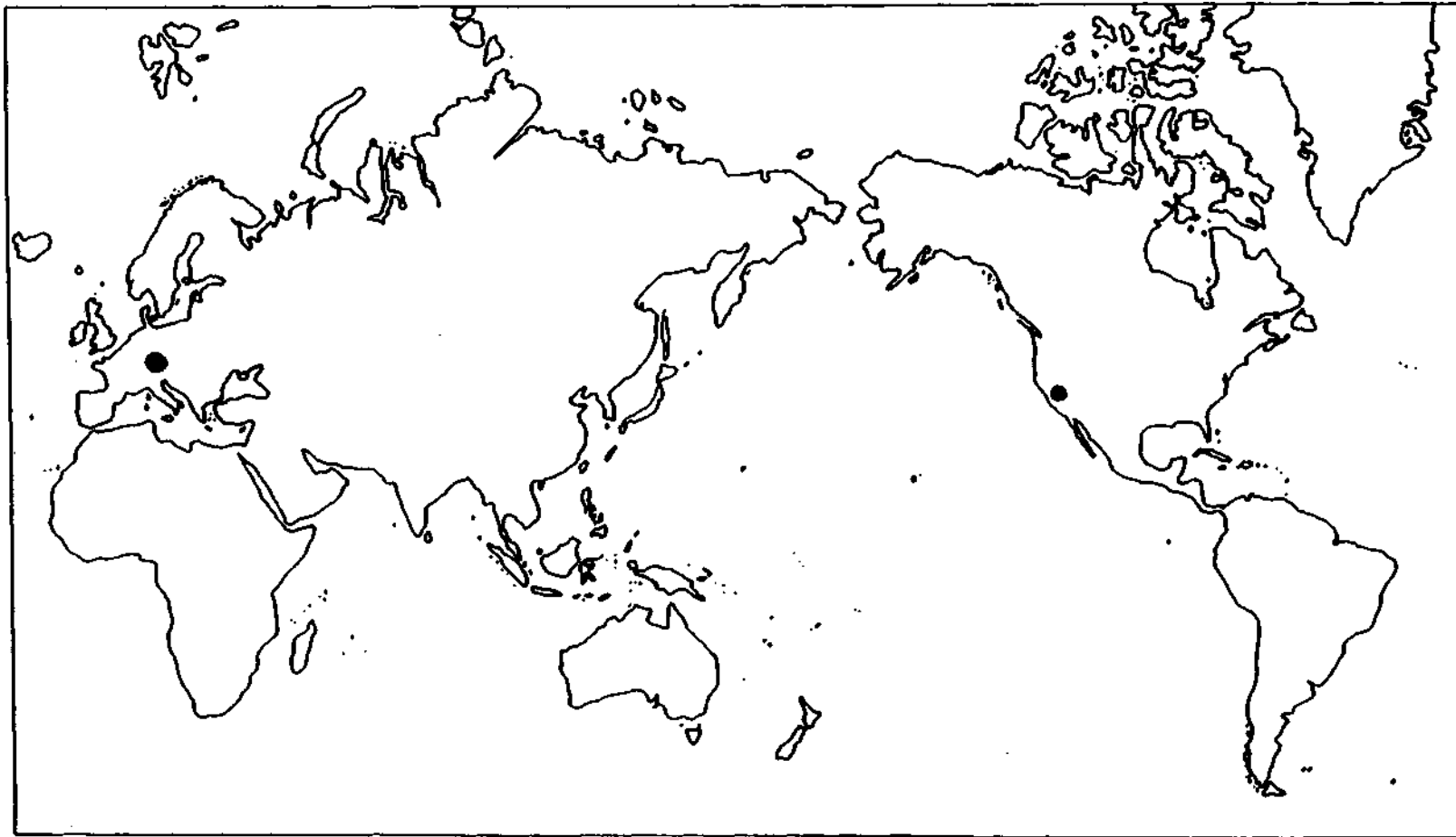
Chez Siemens la localisation des différentes unités reflète la centralisation de la structure globale du groupe. L'unité Semicustoms est implantée à Munich près du siège du groupe de même que les lignes pilotes et la chaîne de production. Une partie de la fabrication (l'assemblage) sera prochainement transférée mais restera près de Munich, à Regensburg, dans l'unité de production de masse des mémoires où sont réunies les conditions d'une production de qualité (propreté des salles...). Dans le cas de petites quantités, la production est assurée à Munich ou à Villach en Autriche selon la technologie utilisée; la fabrication, dans le cas de gros volumes est réalisée à Regensburg.

Le réseau de centres de design est relativement peu dense. La stratégie de Siemens consiste plutôt à développer et à utiliser le plus possible les unités centrales installées à Munich. Des centres de design sont implantés lorsque cette structure n'est pas suffisante. Ainsi le centre de design de Paris a été supprimé, les entreprises clientes en France, pour la plupart des grandes firmes telles que Thomson, Alcatel ou Schlumberger, ayant souvent leur propre matériel. De plus, lorsque le contact avec les ingénieurs de Siemens devient nécessaire, ces entreprises prévoient un séjour de plusieurs jours pour leur personnel à Munich; un des objectifs de cette organisation est de développer les synergies entre la structure mise en place à Munich et celle qui existe au sein des entreprises clientes. Le centre de design implanté à Milan, a été maintenu en raison de la spécificité des clients, il est nécessaire d'avoir sur place un matériel important et adapté. Par ailleurs, les personnels de ces entreprises sont souvent peu expérimentés et ne se déplacent pas facilement: la présence, localement, d'un personnel compétent pouvant assurer la conception des ASIC en liaison étroite avec le client est d'autant plus indispensable. Toutefois, ce centre est appelé à être remplacé à court terme par un simple service de support technique.

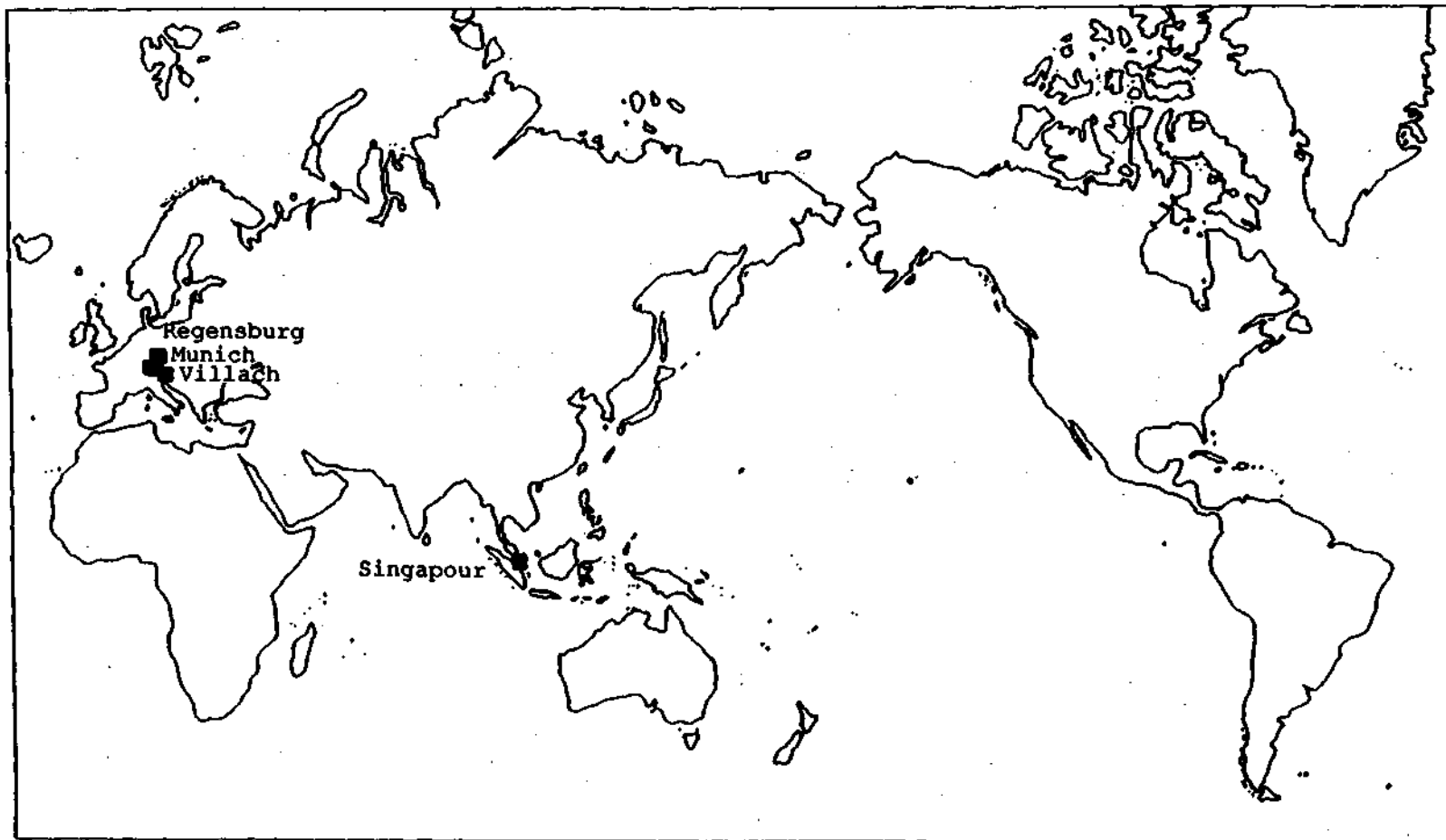
L'activité dans le domaine des ASIC est essentiellement localisée en Europe et aux USA pour différentes raisons: l'activité concernant les ASIC est très automatisée et le produit fini doit être très fiable; mais surtout la durée du processus de développement des circuits et le délai de livraison au client sont particulièrement importants; or, produire en Asie du Sud-

Est suppose une perte de temps pour l'aller et le retour des circuits; cet allongement des délais, même de quelques jours, doit être évité. Des activités d'assemblage et de test sont implantées à Singapour mais ces activités sont également assurées à Regensburg. Les installations en matière d'ASIC aux Etats-Unis s'expliquent essentiellement par l'éloignement géographique. Il s'agit de pouvoir disposer sur place des moyens nécessaires à la conception des ASIC et de faciliter le contact avec le client. Mais les activités s'étendent au-delà de cette simple mission: le but est également de constituer une base de compétence technique sur place, assurant une plus grande qualité des produits et de l'activité en général.

Les centres de design dans le groupe Siemens



La localisation des activités de production des ASIC dans le groupe Siemens



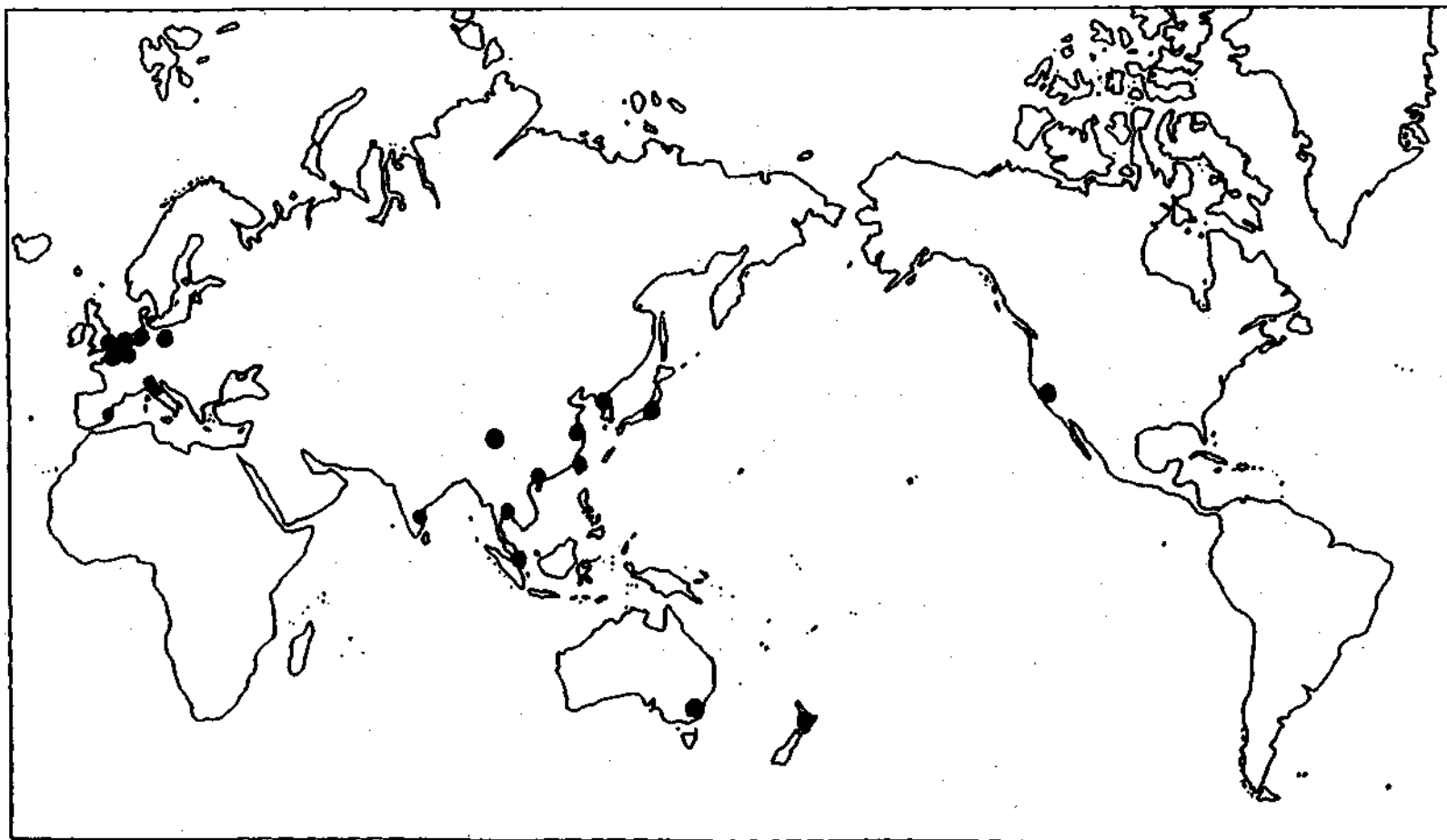
Chez Philips l'activité relative aux ASIC a fait l'objet d'une réorganisation spatiale importante. Le but était de simplifier la procédure existante, particulièrement lourde, et de réduire les gaspillages et les coûts qui en résultaient. Un des principaux moyens utilisés a consisté à réduire le nombre de sites impliqués. Une telle mesure a eu pour effet de limiter les nombreux allers et retours entre les différents lieux d'implantation, qui allongeaient les délais de livraison, et de rendre le déroulement du processus plus transparent et plus compréhensible pour les différents opérateurs. Ainsi, les opérations qui étaient effectuées à Nimègue aux Pays-Bas (agrément, formatage, préparation du test), ont été transférées sur les sites de production. Désormais les circuits sont envoyés directement dans les unités de fabrication.

Les centres de conception sont essentiellement localisés en Europe. Le Groupe de Produits ASIC qui pilote l'ensemble du processus est situé à Issy-les-Moulineaux près de Paris en ce qui concerne la Compagnie Française Philips. Les laboratoires d'application sont répartis en Europe et en Asie.

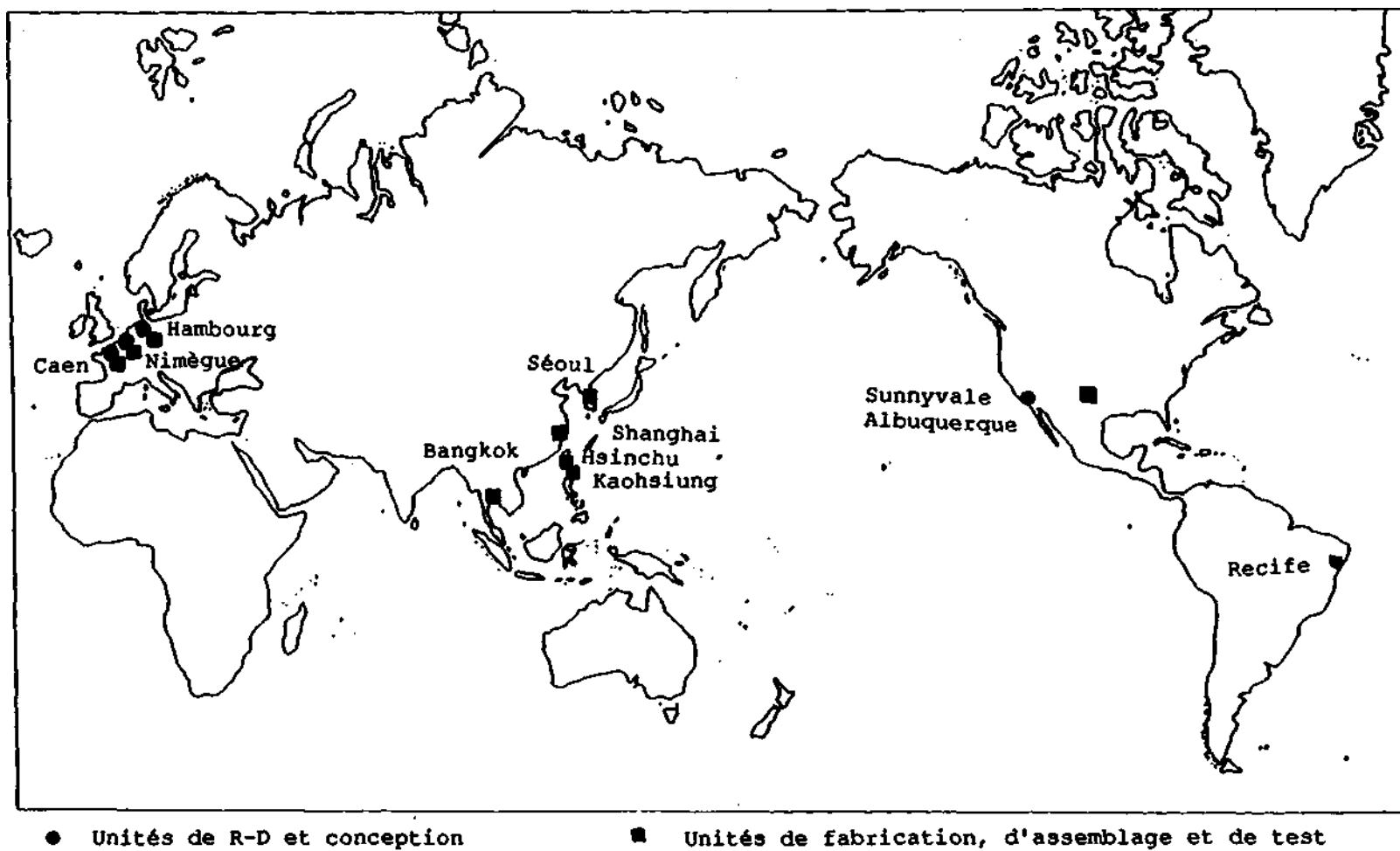
La localisation des unités de production est relativement diversifiée; toutefois on observe une tendance à la concentration des activités de fabrication. Les quatre principales usines européennes sont implantées à Eindhoven, Nimègue, Hambourg et Zurich[^]; les unités américaines sont à Orem et Albuquerque. Deux usines importantes ont été installées en Asie du Sud Est; l'unité implantée en Australie a été supprimée. L'assemblage est réalisé dans une dizaine d'usines réparties dans le monde, parmi lesquelles quatre, situées en Europe, sont des centres pilotes dont la fonction est de tester et de mettre au point les technologies avant de les transférer dans les différentes usines d'assemblage. En comparaison des deux autres compagnies, Philips conserve une relative dispersion territoriale de ses implantations dans le domaine des ASIC, notamment en ce qui concerne les centres de design.

Les activités de fabrication localisées à Zurich ont été supprimées récemment et l'unité de production située à Orem dans l'Ohio a été transférée à Albuquerque dans le Nouveau Mexique.

Les centres de design dans le groupe Philips



La localisation des activités de R-D et de production des ASIC dans le groupe Philips



La localisation des unités intervenant dans le processus de développement des ASIC chez Thomson répond à une logique différente selon qu'il s'agit des secteurs militaire ou civil.

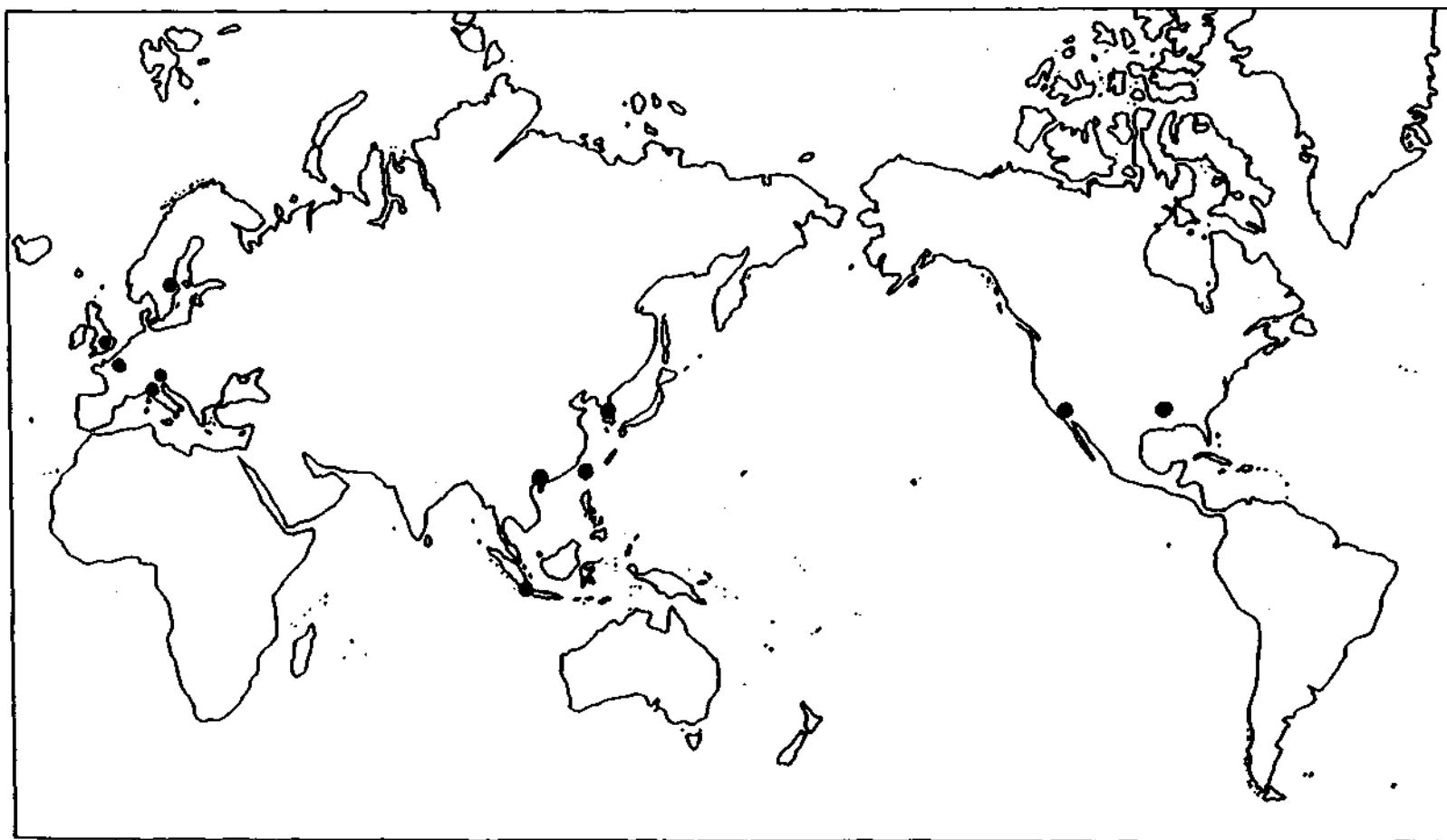
Dans le secteur militaire compte tenu des contraintes de confidentialité et de la taille réduite du marché, il n'existe pas de réseau de centres de design réparti géographiquement. Thomson Composants Militaires et Spatiaux est installé sur deux sites: à St-Egrève près de Grenoble où sont assurées la conception et une partie de la production (circuits à hautes fréquences) et à Courbevoie, près de Paris où une équipe est chargée essentiellement du marketing; cette équipe assure également une fonction de support technique.

La fabrication est réalisée soit par Thomson, par TMS ou par une autre unité du groupe, soit par une unité extérieure. Selon la technologie utilisée les unités de fabrication sont: SGS-Thomson, TMS, le LETI (laboratoire du CEA), à Grenoble et l'unité Thomson située à Carrollton aux Etats-Unis. Le montage et l'assemblage sont réalisés dans le Sud-Est asiatique, le plus souvent à Singapour; dans le cas de boîtiers plus complexes, ces deux opérations ont lieu à St-Egrève.

Dans le secteur civil, les centres de design ont tout d'abord été répartis dans les différentes régions du monde. En Europe, les principales localisations étaient à Gentilly près de Paris, à Grenoble, à Agrate près de Milan, à Munich et à Stockholm; aux Etats-Unis, les centres de design étaient essentiellement à Carrollton près de Dallas, à Phoenix et à Santa Clara; en Asie, ils étaient à Séoul, à Singapour, à Taiwan et à Honk Kong. Le nombre de centres de design est progressivement réduit et les activités de conception tendent à être concentrées sur les sites centraux dans ce domaine, notamment Grenoble et Agrate. Il est intéressant de noter que le siège social de SGS-Thomson est également installé sur ces deux sites.

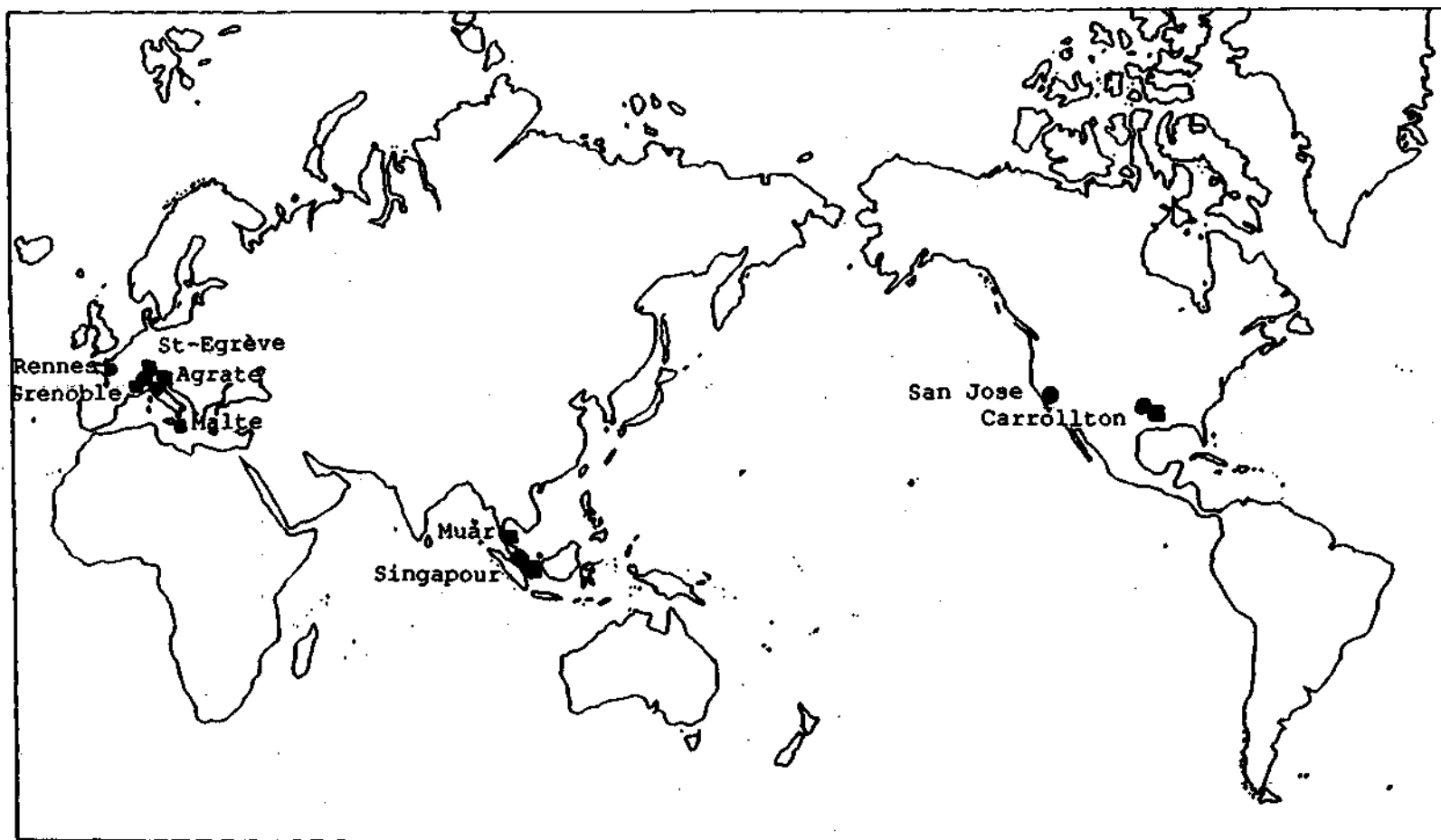
Les activités de production sont réparties en fonction des technologies et des phases de production; elles sont réalisées essentiellement à Agrate, à Grenoble et à San José. Certains circuits sont fabriqués à Singapour (grandes séries) et à Rennes (applications dans les secteurs des télécommunications et de l'automatisme). Le test des circuits est effectué à Agrate, Grenoble ou Malte pour des gros volumes. L'assemblage est fait à Malte et en Malaisie dans 90% des cas, et en Europe dans le cas de technologies plus sophistiquées.

Les centres de design dans la société SGS-Thomson



La localisation des activités de R-D et de production des ASIC dans le groupe Thomson

189



● Unités de R-D et conception

■ Unités de fabrication, d'assemblage et de test

De façon générale, dans les trois firmes, la localisation du processus d'innovation des ASIC est essentiellement européenne; ce n'est qu'à partir des étapes de production que certaines entreprises décentralisent l'activité en Asie du Sud Est. Il existe plusieurs raisons à ce phénomène:

- . des enjeux stratégiques limitent l'implantation d'activités comprenant souvent une part de confidentialité, dans des pays à risque;
- . l'objectif de raccourcissement du délai de livraison, qui est au coeur de cette activité ne favorise pas les localisations éloignées; les moyens de transport, aussi rapides soient-ils, allongent le processus;
- . un des principaux éléments qui guident la répartition des activités est le coût de la main d'oeuvre; or l'activité, tant de conception que de production des ASIC, est de plus en plus automatisée, ce critère n'est donc pas déterminant et n'agit pas en faveur d'implantations en Asie;
- . la relation avec les unités de R-D, notamment avec la recherche de base réalisée dans les laboratoires centraux, n'est pas structurante dans la localisation des entités chargées du processus d'innovation des ASIC; les contacts avec les équipes réalisant les recherches sur les outils informatiques sont plus déterminants, ces équipes sont le plus souvent rattachées aux départements de R-D dans les divisions Semiconducteurs qui, dans le secteur des circuits intégrés, sont décentralisés structurellement mais restent centralisés géographiquement;
- l'implantation européenne ou américaine constitue de plus en plus un critère de qualité technique du produit.

Section 2 • Organisation du processus d'innovation à partir d'une structure spécifique unique - L'exemple du développement des écrans à cristaux liquides au sein de Thomson-LCD

Les premiers écrans plats à cristaux liquides ont été fabriqués en 1982. L'état des connaissances ne permettant de fabriquer ces écrans que dans des dimensions réduites, les applications envisagées pour ce nouveau produit concernaient essentiellement l'équipement des tableaux de bord dans différents secteurs (automobile, avionique...) et le matériel informatique.

L'apparition de nouveaux enjeux, notamment la mise au point de la TVHD a donné un plus grand intérêt au développement des écrans plats. En effet, la haute définition en télévision n'est perceptible que si la dimension de l'écran est supérieure à 80cm. Or, lorsqu'il atteint cette dimension, le tube cathodique devient trop encombrant. La solution de l'écran plat permet de répondre à ce problème. Il existe plusieurs technologies d'écrans plats, mais aucune actuellement n'est suffisamment maîtrisée pour permettre une production industrielle d'écrans répondant aux exigences de ce marché. Parmi ces technologies, celle des cristaux liquides fait l'objet d'efforts particuliers; l'objectif des recherches actuelles en ce qui concerne cette technologie est de pouvoir fabriquer des écrans de plus grande taille et de savoir les produire en grandes séries.

Dans ce domaine les Japonais sont en situation de quasi-monopole (voir annexe "Les écrans à cristaux liquides"). Les investissements japonais dans ce domaine sont estimés, pour 1990 et 1991, à environ 1,8 milliard de dollars en R-D et 1 milliard pour la construction d'unités de production³. Toutefois, Thomson étant intéressé autant par les applications militaires et professionnelles que "Grand Public", il a été décidé de développer une activité dans ce secteur et de mettre en place une structure spécifique en créant en 1989 une filiale, Thomson-LCD, chargée tout d'abord de mettre au point les technologies, puis de produire des écrans plats à cristaux liquides.

Sur le plan de l'organisation, cette nouvelle unité a pour mission de gérer le processus d'innovation relatif aux écrans à cristaux liquides. Elle a été constituée par deux filiales du groupe Thomson: TCE (Thomson Consumer Electronics), intéressée par la mise au point

³ Etude faite par la société britannique Generics. In Electronique International Hebdo, 3 décembre 1992.

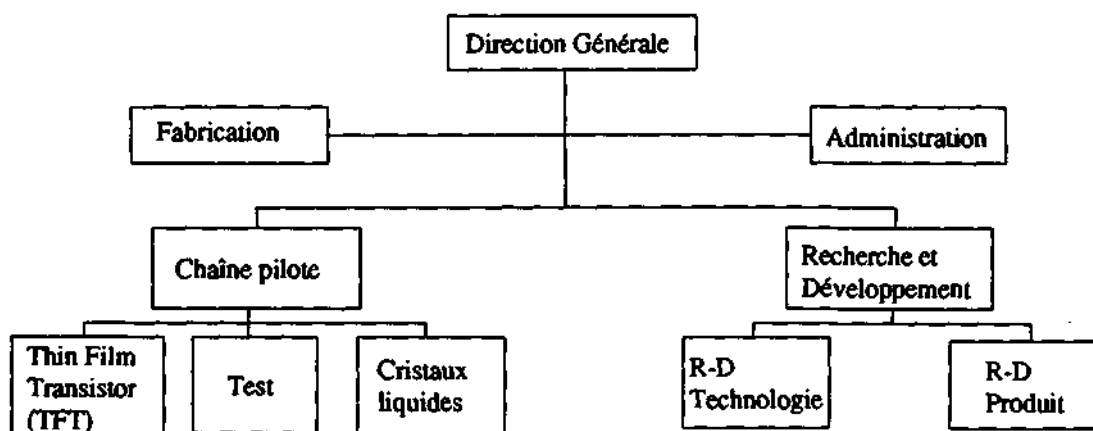
d'écrans pour la TVHD et Thomson-CSF, par l'intermédiaire de sa filiale Sextant Avionique, dont l'objectif est d'utiliser ce type d'écrans dans les secteurs militaires et civils, notamment pour l'équipement des cockpits d'avions. Ces deux filiales se sont engagées dans des recherches communes manifestant la volonté d'exploiter au maximum les enjeux de l'électronique militaire et professionnelle d'une part, et de l'électronique Grand Public d'autre part.

i - La forme de la structure

La structure comprend deux secteurs directement reliés au directeur général: le secteur "R-D" qui prend en charge la recherche et le secteur "Chaîne Pilote" qui gère le passage à la production. Le secteur "R-D" est structuré par produit et par technologie, ce qui se traduit par la mise en place de deux départements: "R-D Produit" et "R-D Technologie".

Le département "R-D Produit" est organisé globalement selon une structure matricielle, par discipline et par projet.

La structure de Thomson-LCD

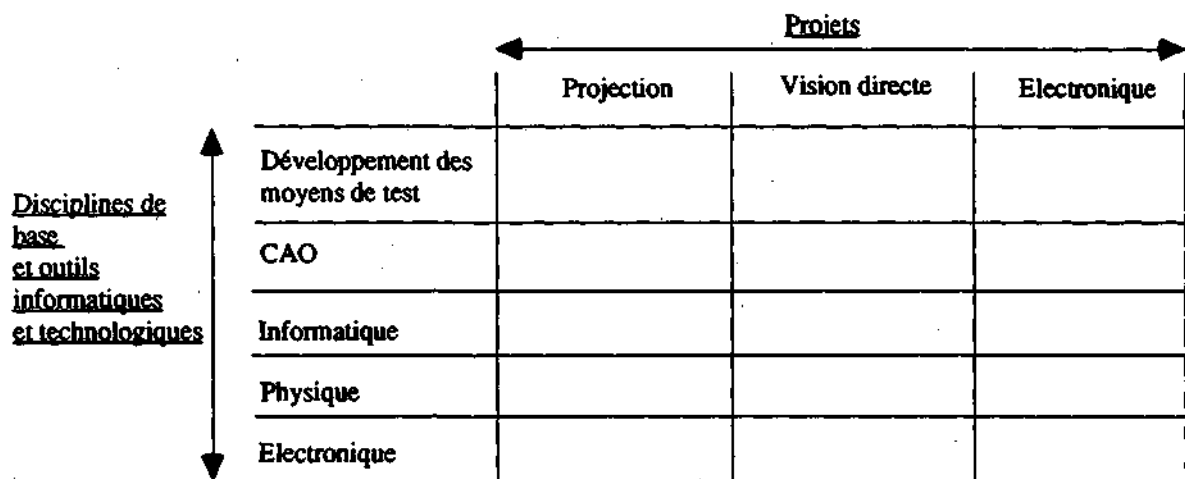


La structure horizontale est constituée par un découpage mettant au même niveau les recherches dans des disciplines de base telles que l'informatique, la physique et l'électronique et celles concernant les outils informatiques et technologiques tels que la

CAO et le développement des moyens de test. Cette structure montre l'importance qui est accordée au développement des moyens et des méthodes de travail. L'idée qui est à la base de ce principe d'organisation est que l'innovation technique ne repose pas uniquement sur les progrès de la science mais également sur des recherches plus orientées vers le développement des moyens de conception et de production. Par ailleurs, et plus particulièrement dans une structure tournée vers l'innovation telle que celle de Thomson-LCD, améliorer les outils des ingénieurs est considéré comme un moyen d'initier l'innovation.

Les projets forment la structure verticale, plus mobile. Ils ont en général pour objet la mise en oeuvre de technologies nouvelles; c'est le cas des projets "Projection", "Vision directe", et du projet sur la connectique en collaboration avec le LETI. Les chefs de projets sont des ingénieurs ou chercheurs universitaires, à qui sont associés un à deux techniciens. Ceux-ci sont choisis dans les secteurs qui constituent la structure de base, en fonction des besoins du projet.

La structure matricielle du département R-D Produit



Le département "R-D Technologie" est en cours de structuration; il sera organisé de la même façon, selon une structure de type matriciel.

Le secteur "Chaîne Pilote" qui gère le passage à l'industrialisation comprend trois équipes; chacune d'elles est composée d'un technicien et de deux à trois opérateurs, et prend en charge un segment du processus de production: "TFT" (fabrication de la matrice active), "Test", "Cristaux liquides".

Un déséquilibre apparaît entre les deux secteurs de l'entreprise: l'augmentation de l'activité en recherche et développement est limitée par la taille et les possibilités de production de la chaîne pilote. Cette situation a l'avantage de maintenir un niveau satisfaisant d'adéquation entre les activités de R-D et la mise au point des prototypes. Par ailleurs, la présence d'une chaîne pilote à proximité des équipes de R-D évite l'introduction de temps d'attente dans le processus de développement.

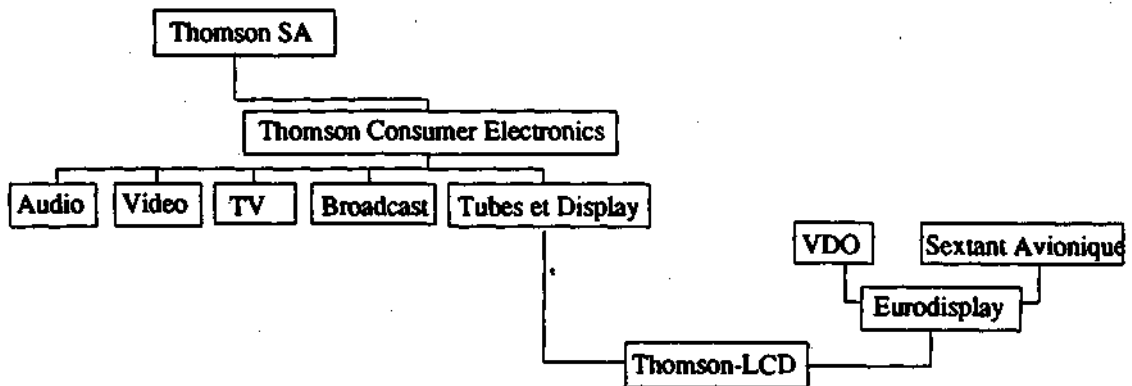
2 - L'articulation avec l'organisation globale du groupe

a) Les relations avec la Direction Générale

Les relations avec la Direction Générale sont formalisées par les réunions du conseil d'administration de Thomson-LCD qui définit les objectifs de façon très précise; ce conseil comprend trois représentants de Sextant Avionique, trois représentants de Thomson Consumer Electronics et le Directeur de la Recherche et de la Technologie du groupe Thomson. Le directeur de Thomson-LCD présente le bilan d'activité et les objectifs de son entreprise devant ce conseil.

Par ailleurs, il existe des relations plus ou moins informelles entre le directeur de Thomson-LCD et son responsable hiérarchique direct, le directeur de la division Tubes et Display de TCE. Celui-ci appartient à l'équipe de direction de TCE, directement en contact avec le président du groupe Thomson. Ces relations informelles permettent d'établir une interaction plus directe et plus continue dans le temps entre le directeur de Thomson-LCD et la Direction Générale du groupe.

Thomson-LCD dans la structure du groupe Thomson



b) Les relations avec les autres fonctions

- la fonction de marketing: l'articulation entre l'organisation de Thomson-LCD et la structure globale du groupe est réalisé en grande partie par la fonction de marketing.

Il n'existe pas de structure assurant cette fonction au sein de Thomson-LCD. Elle est exercée par différentes entités du groupe, essentiellement dans le secteur de l'électronique Grand Public. Au sein de la filiale TCE, elle est prise en charge par deux entités: d'une part, le service "Business Development" qui assure le marketing stratégique pour l'ensemble des produits de TCE et d'autre part, l'unité de R-D qui est chargée de réaliser le produit final à partir de la cellule à cristaux liquides que lui fournit Thomson-LCD.

La relation entre Thomson-LCD et le service "Business Development" de TCE est également assurée par des contacts informels mais étroits et directs entre les deux directeurs.

Par ailleurs, des contacts avec la fonction de marketing existent dans le cadre des "clubs veille". Cette structure, interne au groupe Thomson, regroupe des personnels du marketing et de R-D; plusieurs clubs existent dans différents secteurs; le club veille créé dans le domaine des écrans à cristaux liquides, associe des personnels du marketing et des ingénieurs et chercheurs de Thomson-LCD.

- la fonction de production: il n'existe pas aujourd'hui de véritable activité de production d'écrans à cristaux liquides, celle-ci se limite actuellement à la fabrication de prototypes. Prise en charge par le secteur "Chaîne Pilote", elle est totalement intégrée à l'organisation de Thomson-LCD. Le nombre réduit de personnes et la proximité géographique des installations ont permis d'établir des relations étroites entre les deux secteurs, de R-D et de fabrication des prototypes. Les ingénieurs de R-D sont particulièrement présents sur la chaîne pilote et travaillent en collaboration directe avec les opérateurs. La construction d'une usine de production est prévue pour assurer la production en grandes séries lorsque la technologie sera maîtrisée.

Dans le secteur de l'électronique Grand Public des relations étroites sont établies entre Thomson-LCD et l'unité de Villingen, la plus importante au sein de TCE, qui assure à la fois des fonctions de R-D et de production. Cette unité est chargée de la mise au point de produits nouveaux, Thomson-LCD doit fournir la cellule à cristaux liquides qui sera intégrée dans les produits fabriqués à Villingen.

- la fonction de recherche: dans le domaine de la R-D, des relations sont établies à différents niveaux de recherche essentiellement avec le LCR (Laboratoire Central de Recherche) et SGS-Thomson.

La coopération avec le LCR se situe au niveau de la R-D technique. Ce niveau de recherche et de coopération est important pour deux raisons essentielles: du point de vue organisationnel, il facilite l'enchaînement des étapes du processus d'innovation, et notamment la transition de la connaissance scientifique à la phase d'industrialisation; du point de vue stratégique, il permet, du fait de sa dimension temporelle, de préparer le changement technologique; dans cet objectif, une équipe du LCR réalise actuellement de recherches sur les cristaux liquides, en collaboration avec Thomson-LCD. Les compétences du LCR sont utilisées notamment pour trouver et définir la prochaine technologie qui sera développée. La coopération avec le LCR est facilitée du fait des relations personnelles entre les chercheurs: l'équipe d'ingénieurs de Thomson-LCD est issue du LCR, cette unité ayant été créée par une sorte d'essai interne.

Les relations avec SGS-Thomson ont lieu à un niveau de recherche plus appliqué; elles se sont développées récemment dans le domaine de l'électronique Grand Public lorsque l'unité

de semiconducteurs du groupe Thomson a commence à fabriquer des circuits audio et vidéo D2 Mac. Ces relations seront intensifiées et formalisées dans le cadre du projet de R-D sur la connectique réunissant Thomson-LCD, SGS-Thomson et un organisme extérieur, le LETI.

- la fonction, de gestion du personnel

L'intégration de Thomson-LCD dans le groupe passe également par la fonction de gestion du personnel. Celle-ci n'a pas été décentralisée: le personnel de Thomson-LCD est rattaché à Thomson Consumer Electronics, un des deux actionnaires de Thomson-LCD, qui est chargée, au moins dans un premier temps, d'assurer la gestion des ressources humaines. Par l'intermédiaire de TCE, le personnel de R-D de Thomson-LCD bénéficie des avantages de la gestion spécifique mise en place au niveau de tout le groupe et pilotée par le Collège Scientifique et Technique.

3 - L'organisation spatiale des activités

a) La localisation de Thomson-LCD

Le choix de la localisation s'est fait entre Vélisy près de Paris, où Thomson vient de fermer un centre technique pour composants, et Grenoble. Ce site a été choisi en raison de l'environnement scientifique et technique, notamment pour pouvoir bénéficier du marché du travail local constitué en majorité de personnels hautement qualifiés dans les domaines de l'électronique et de l'informatique. Par ailleurs, la mise au point des écrans plats à cristaux liquides nécessite des compétences développées dans le domaine des composants électroniques; or ce secteur en particulier est largement représenté sur le site de Grenoble. Un des principaux enjeux est de créer des effets de synergie avec ce secteur, et notamment avec SGS-Thomson. L'implantation en France a été favorisée par les aides financières accordées par le gouvernement.

b) L'articulation entre les différents sites localisés intervenant dans le processus d'innovation

- les relations avec le centre de décision du groupe

On observe, parallèlement à la décentralisation géographique de Thomson-LCD, l'établissement de liens étroits entre le directeur de cette unité et les Directions Générales des filiales actionnaires et du groupe. Ainsi le pouvoir de décision du directeur de Thomson-LCD est limité, d'une part, par l'organisation structurelle de cette unité qui donne un poids important au conseil d'administration composé majoritairement de personnels du groupe Thomson et, d'autre part, par les relations informelles et étroites établies entre le directeur de Thomson-LCD et son responsable hiérarchique direct à la direction de TCE à Paris. Compte tenu des différents moyens de communication en informatique, télécommunication et transport, la distance géographique ne semble pas constituer un véritable obstacle au fonctionnement de cette organisation structurelle tant du point de vue des relations formelles que des contacts informels.

- la dimension spatiale des relations établies avec les autres fonctions

En ce qui concerne la fonction de marketing, celle-ci est assurée par les services spécialisés de TCE et sont localisés à Paris et à Villingen en Allemagne. Il existe donc une séparation structurelle entre les entités de développement et de marketing, matérialisée dans l'espace par une coupure géographique entre les unités exerçant ces deux fonctions.

Les relations avec la recherche se concrétisent par des contacts avec les équipes du LCR à Orsay qui travaillent également sur les écrans LCD. Toutefois, les contacts en matière de recherche de base se développent progressivement avec des équipes de recherche extérieures; celles-ci sont soit implantées à proximité, telles que le LETI, soit spécialisées pour le même type d'applications, c'est le cas des relations avec Philips.

Dans le cas de la fonction de production, la proximité géographique a été privilégiée; la ligne pilote pour la mise au point des prototypes a été implantée sur le même site et le service qui la gère est intégré dans l'organisation structurelle de l'unité de développement.

La construction d'une usine de production des écrans à cristaux liquides a été envisagée sur le site de Grenoble.

Par ailleurs, des relations du type client-fournisseur existent avec l'unité de Villingen qui fabrique un produit fini à partir de l'écran fourni par Thomson-LCD; dans ce cas le facteur essentiel n'est pas la proximité géographique mais plutôt la maîtrise des temps de transport.

En ce qui concerne la fonction de gestion du personnel, de même que dans le cas des autres fonctions, la séparation géographique correspond à une coupure dans l'organisation structurelle: pour le moment cette fonction n'est pas intégrée dans la structure de Thomson-LCD; elle est exercée à Paris, par TCE.

- la dimension spatiale des relations établies avec les partenaires extérieurs

Un des principaux partenaires extérieurs de Thomson-LCD, dans le domaine de la recherche, est le LETI, situé à Grenoble; un projet commun Thomson LCD/LETI a été mis en place en 1990; il établit un programme de recherche jusqu'en 1994, sur les problèmes de connectique dans le cadre du développement des écrans à cristaux liquides. Des relations existent également avec le CNET, essentiellement avec les laboratoires situés à Lannion qui travaillent sur le même produit. Thomson-LCD travaille aussi en coopération avec des organismes de recherche américains.

En ce qui concerne la pré-industrialisation, l'industrialisation et la distribution des écrans LCD, une coopération entre Philips et Thomson-LCD a été concrétisée en janvier 1993 par la création d'une société comprenant Philips, Sagem et Thomson-LCD; l'objectif de la nouvelle société est d'assurer le marketing, le développement, la production et la vente des écrans LCD. Une unité de production de masse est actuellement en construction à Eindhoven où il existe déjà une usine pilote. La création de ce pôle a pour objectif de faire face à la concurrence des firmes japonaises.

Les relations de coopération établies avec les fournisseurs extérieurs concernent essentiellement deux entreprises situées l'une en Suisse et l'autre en Allemagne.

La localisation des principaux partenaires internes et externes de Thomson-LCD



Section 3 - Place de la R-D dans le processus d'innovation et remise en cause de l'organisation structurelle et spatiale au sein de l'entreprise

La place de la R-D dans les organisations mises en place pour gérer le processus d'innovation est souvent difficile à cerner. Selon les cas observés, les activités de recherche sont plus ou moins impliquées dans le processus d'innovation, ce qui se traduit sur le plan de l'organisation par différents degrés d'intégration des unités ou équipes de R-D dans les structures globales et une formalisation de cette intégration variable selon les organisations.

Or, compte tenu de l'enjeu que représente pour les entreprises la maîtrise de l'innovation technique, tant les responsables d'entreprises que les auteurs de travaux théoriques sur ce sujet s'accordent pour reconnaître la nécessité de mieux intégrer la R-D dans le processus global de conception-production. Cependant, la nature de cette intégration ainsi que les modalités de réalisation restent une question centrale.

1 - Le rôle primordial de la R-D dans le processus d'innovation

Le problème de la place de la R-D dans le processus d'innovation soulève la question plus générale de la relation entre la science et l'innovation. Les travaux réalisés actuellement remettent en cause la liaison directe et linéaire entre la science fondamentale, la science appliquée et l'industrialisation. De nombreux exemples montrent que l'innovation n'est pas directement issue de la science et que les théories sont souvent mises au point après l'apparition et l'exploitation des innovations. "L'innovation, qu'il s'agisse de la nouveauté technologique ou de son passage à l'industrialisation, ne découle pas directement de la science. Elle est fille d'un processus de rencontre entre des théories et des opportunités, des volontés et des possibilités sociales et économiques concrètes et non d'un processus linéaire d'application descendant du savant à l'entrepreneur, en passant par l'ingénieur". Toutefois, la distance entre la science et l'innovation est relative: la science joue un rôle essentiel dans ce "processus de rencontre, de cristallisation qui produit la nouveauté" (Pelata et Veltz, 1985).

Cette relation entre la science et l'innovation est mise en évidence dans les entreprises par plusieurs indices empiriques. Ainsi on voit les entreprises s'appuyer, pour l'industrialisation d'un produit, sur des scientifiques de haut niveau; le cas de

Thomson-LCD illustre parfaitement cette situation: d'une part, les chercheurs directement impliqués dans cette nouvelle unité sont en majorité issus du LCR et d'autre part, ils continuent à travailler en étroite relation avec celui-ci pour la mise au point des écrans à cristaux liquides, à la fois du point de vue du passage à l'industrialisation et de la définition des prochaines technologies dans ce domaine.

En ce qui concerne les ASIC la relation entre la recherche exploratoire ou de base et la recherche appliquée est reconnue comme stratégique; cette relation est indispensable pour le développement des circuits spécifiques même si elle ne met pas en oeuvre des structures et une organisation particulières: il est nécessaire pour innover dans les ASIC, de mieux connaître le fonctionnement interne au niveau des matériaux, le comportement des matériaux utilisés, ce qui oblige les chercheurs et ingénieurs spécialisés dans les ASIC à rester en contact avec la recherche de base dans le domaine des semiconducteurs. Il existe également des exemples, notamment chez Philips, mettant en évidence l'existence de relations étroites entre la recherche amont et l'application: pour certains clients prêts à tenter l'expérience, le Groupe de produits ASIC a développé et produit des circuits spécifiques selon une technologie nouvelle qui n'est pas totalement stabilisée; ce qui implique des contacts étroits et des échanges fréquents entre le client, les ingénieurs de développement du Groupe de produits ASIC et les chercheurs du laboratoire central de Limeil-Brevannes. Chez Thomson, certaines unités de recherche appliquée, notamment dans le domaine des ASIC en arseniure de gallium, travaillent en étroite coopération avec les fabricants de systèmes; ceux-ci participent à la mise au point des nouvelles technologies en les utilisant pour la production de leurs systèmes, ce qui permet de tester les technologies au cours de leur développement.

Par ailleurs, le rapprochement entre l'industrie et l'université, commencé dès le début du siècle aux Etats-Unis, s'est progressivement mis en place en Europe et prend dans la période actuelle, une ampleur nouvelle.

Cependant, la question qui se pose n'est pas tant de reconnaître une place essentielle à la R-D dans le développement de l'innovation technique (cette idée est de plus en plus admise), mais de parvenir à une "bonne" implication de la recherche, c'est-à-dire de trouver une structure qui favorise l'interaction entre la R-D et les autres services dont les pratiques et les logiques de fonctionnement sont différentes. Cette question est cruciale dans la

mesure où l'implication de la R-D va conditionner le déroulement du processus d'innovation.

2 - L'implication de la R-D: les deux voies d'évolution de l'organisation

Dans le contexte actuel il existe deux types de solutions. On observe dans la réalité, la superposition de ces deux solutions et une combinaison des deux grands types de systèmes d'organisation correspondants.

a^ La première voie: le fonctionnement séquentiel

La première façon de répondre est de rester dans une logique d'organisation de type taylorien; cette solution consiste à rationaliser l'activité de recherche en mettant en place une spécialisation plus forte et un découpage plus fin de ces activités. Dans ce cas, les activités de recherche sont décomposées en plusieurs niveaux, ne se limitant pas aux seuls niveaux de recherche fondamentale et de recherche appliquée. Chacun de ces niveaux d'activité est pris en charge par une entité bien définie et à un objectif précis. Enfin, la relation entre ces niveaux est de type séquentiel, avec des interactions faibles.

Ainsi, à la fois dans les travaux théoriques et dans les expériences faites par les entreprises, on constate une redéfinition des activités de recherche et la création dans les structures de plusieurs niveaux réalisant ces différentes catégories de recherche.

- la recherche fondamentale ou académique: la recherche fondamentale permet la constitution d'une base scientifique solide et l'entretien des connaissances; elle est réalisée sans idée d'application possible. Ces recherches "se réfèrent aux tentatives faites pour comprendre, par des moyens théoriques et expérimentaux, les fondements physiques des phénomènes" (Hoddeson, 1981). En général, les entreprises ne réalisent pas de recherche fondamentale, mais elles y participent par les relations fortes qu'elles entretiennent avec les laboratoires publics extérieurs.

- la recherche exploratoire ou recherche de base: cette recherche consiste à explorer les technologies nouvelles, à démontrer la faisabilité de produits ou processus nouveaux; elle est réalisée dans les laboratoires des entreprises et se caractérise en général par un

débouché industriel au sein du groupe, même si ce n'est pas toujours l'objectif principal. Il s'agit d'une recherche à terme (dix à vingt ans pour Thomson, cinq à douze ans pour Philips) qui prend en compte le fait que les systèmes n'évoluent pas toujours de façon continue et que les prévisions sont difficiles, notamment après dix ans. Son rôle est d'inventer mais aussi d'innover, c'est-à-dire de trouver des liens entre des domaines disjoints, ce que ne peut pas faire la recherche académique. Elle est effectuée avec le souci de la réalisation et de la fabrication mais ne concerne ni le développement, ni l'industrialisation.

Dans les trois entreprises, ce type de recherche concerne essentiellement les projets transversaux, ayant un intérêt pour tout le groupe; elle est réalisée dans les laboratoires centraux.

- la recherche avancée: ce type de recherche est à court et moyen terme (un à cinq ans) et se situe à un niveau intermédiaire entre la recherche de base et la recherche appliquée. Elle concerne très souvent les outils et moyens nécessaires à la conception ou à l'amélioration des produits, plus que les technologies elles-mêmes.

Elle est centralisée mais n'est pas réalisée dans les laboratoires centraux: chez SGS-Thomson, elle est effectuée au niveau de la Direction de la R-D de la filiale. Elle joue un rôle de support vis à vis des divisions et de coordination des différentes activités de recherche. Elle assure les développements nouveaux qui ne peuvent pas être pris en charge par les divisions lorsque celles-ci n'ont ni le temps ni les compétences nécessaires.

- la recherche appliquée: il s'agit d'une recherche à court terme (un à trois ans) fortement marquée par un objectif d'application pratique et par une finalité économique. Elle consiste à réaliser les options démontrées prometteuses par la recherche de base en utilisant les données que celle-ci lui fournit.

La recherche appliquée a des objectifs différents de ceux de la recherche de base mais utilise les mêmes approches et les mêmes méthodes assurant une certaine complémentarité: les analyses faites en recherche fondamentale sont utilisées sans les "transformer", sans les modifier fondamentalement. Cette catégorie de recherche est réalisée dans les divisions.

- le développement: cette activité est réalisée à partir de technologies existantes. Elle consiste soit à améliorer ces technologies dans le but d'accroître les rendements de fabrication et la performance des produits soit à développer des produits nouveaux destinés à une application précise. Elle est réalisée avec le souci de la production et va jusqu'à la fourniture de prototypes uniques ou en petites quantités. Les activités de développement sont réalisées dans les divisions.

Cette étape est souvent précédée d'une phase de pré-développement qui comprend la fabrication de prototypes en exemplaire unique. Selon les organisations et les produits considérés, cette étape est réalisée dans les laboratoires centraux ou dans les équipes de R-D des divisions.

Ainsi la difficulté d'intégration de la R-D semble contournée: les niveaux les plus proches de l'industrialisation sont intégrés dans l'organisation mise en place pour gérer le processus de développement; les niveaux les plus amont restent isolés, entretenant des relations distantes avec les autres fonctions. En fait, il semble que seuls les niveaux de recherche situés en aval fonctionnent réellement en interaction avec les autres composantes du processus global de conception-production-vente: il est, en effet, plus facile de mettre en contact des milieux qui ont des objectifs et des modes de fonctionnement semblables.

Mais cette organisation hiérarchique se heurte à la nouvelle culture d'organisation qui se développe dans les entreprises actuellement. Une des principales préoccupations étant de faciliter les transitions, on assiste à un recouplement croissant entre les différents niveaux de R-D et une redondance des activités de recherche au sein de l'organisation des firmes. Ainsi on voit se développer dans des laboratoires centraux, des activités de recherche appliquée et de pré-développement afin de faciliter le passage à l'industrialisation.

Cette évolution est particulièrement évidente au sein de la compagnie Philips: la suppression des laboratoires d'application se traduit par le transfert d'une partie des activités de pré-développement dans les laboratoires centraux, le reste de l'activité (pré-développement et développement) étant appelé à être intégré dans les divisions. Chez Siemens, il arrive que dès la deuxième phase du processus d'innovation, de "faisabilité", plusieurs produits ou appareils soient fabriqués afin de s'assurer qu'ils sont réalisables et utilisables; cette étape au cours de laquelle sont produits dans certains cas des prototypes

est prise en charge par la direction centrale de la recherche et non par les divisions. Chez Thomson, les activités de recherche avancée ne sont pas toujours complémentaires de la R-D appliquée effectuée au sein des divisions: les premières sont parfois substituées aux secondes et la recherche avancée peut aller jusqu'au pré-développement; c'est le cas lors du développement des premiers circuits réalisés dans une technologie nouvelle, qui sont mis au point au niveau de la recherche avancée.

b) La deuxième voie: la "co-implication" des fonctions

La deuxième solution consiste à penser la place de la R-D selon une logique qui privilégie le déroulement de l'activité sous la forme d'un processus dans lequel toutes les fonctions sont "co-impliquées". Dans ce cas, la R-D fonctionne en interaction dans le temps et dans l'espace avec toutes les autres composantes du processus et n'intervient plus seulement en amont: elle est immergée dans la structure. Parallèlement son rôle évolue: elle n'est plus seulement source d'innovation, elle devient un lieu de synthèse et d'interface. Mais ceci n'implique pas qu'elle intervienne à tout moment et quelle que soit la phase du processus dans laquelle on se trouve: d'une part, sa place et son rôle doivent être clairement définis, selon le type d'innovation technique considérée et selon le niveau de développement de la technologie; d'autre part, elle doit intervenir aux différentes étapes du cheminement des idées et des produits nouveaux, en fonction de l'organisation de l'entreprise concernée et en coordination avec les autres intervenants selon des structures et des modes d'organisation choisis. On voit ainsi apparaître la nécessité de gérer la R-D au sein du processus d'innovation et de guider son action.

L'évolution vers une solution de ce type implique un renforcement du principe de coopération; il en résulte, dans les entreprises, une remise en cause de l'organisation traditionnelle hiérarchisée.

- le renforcement du principe de coopération: il résulte de la nécessité d'une forte intensité des relations entre les différentes fonctions qui interviennent dans le processus d'innovation. Cette intégration fonctionnelle est mise en oeuvre à travers le développement d'organisations transversales et le décroisement des corporatismes, par la confrontation de savoirs différents et la mise en place de nouveaux modes de fonctionnement comprenant notamment de nouvelles procédures de réalisation d'accords (Zarifian, 1991). Les

problèmes de coopération sont résolus par la contractualisation. On voit par exemple se développer chez Philips, une organisation basée sur des contrats internes, appelés "projets de transfert", passés entre la Direction Centrale de la R-D et une ou plusieurs divisions. Les recherches sont réalisées en coopération entre les équipes de recherche des laboratoires centraux et celles qui sont dans les divisions. Cette forme d'organisation met l'accent sur "le transfert et l'aboutissement" des recherches.

Il devient alors plus important de considérer la qualité des combinaisons sociales que la pertinence des découpages spécialisés. De même, la qualité de la communication entre les groupes et de la planification des projets devient déterminante; selon l'étude réalisée par la société Arthur D. Little (Roussel, Saad, Tamara, 1991), il s'agit d'une caractéristique essentielle des systèmes de R-D "de troisième génération".

- la remise en cause de l'organisation hiérarchique: le mouvement d'intégration observé se heurte à l'organisation globale de la firme basée sur la séparation entre les fonctions, et a notamment pour effet de déséquilibrer les hiérarchies de fonctions. La co-implication des fonctions au sein du processus d'innovation fait apparaître une nouvelle hiérarchie qui reste difficile à cerner; au sein de cette hiérarchie, la R-D semble acquérir une force nouvelle qui résulte notamment du changement de nature de son rôle.

Cette évolution remet en cause également l'organisation spatiale de l'entreprise, impliquant non seulement de nouvelles localisations mais également un changement des modes de fonctionnement dans l'espace, très souvent à localisation fixe. Cette nouvelle dynamique se traduit de différentes façons dans les entreprises. On peut ainsi observer la construction de nouvelles unités regroupant plusieurs fonctions: c'est le cas de Thomson-LCD, unité de développement des écrans plats à cristaux liquides créée dans le but de rassembler sur le même site les différentes composantes du processus d'innovation.

Le rapprochement des fonctions peut également être réalisé par des réorganisations spatiales, sans implantation nouvelle mais à travers la modification des circuits de fonctionnement ou le déplacement des compétences et des responsabilités entre les sites. Les réorganisations qui ont lieu chez Philips illustrent cette situation: des sites intervenant dans la chaîne de conception - fabrication des ASIC ont été supprimés de façon à raccourcir les délais de mise sur le marché; ce qui s'est traduit par certains regroupements de

compétences. Le rapprochement des fonctions est mis en oeuvre en particulier chez Philips, à travers la mise en place des centres de compétences internationaux; cette restructuration spatiale au niveau mondial implique des regroupements de compétences sur les différents sites du groupe et se concrétise par des déplacements de personnels et de centres de décision entre les sites localisés existants.

TROISIEME PARTIE

L'ORGANISATION DES RELATIONS ENTRE LA RECHERCHE ET LE PROCESSUS D'INNOVATION : L'ARTICULATION ENTRE DEUX CULTURES D'ORGANISATION

Dans la troisième partie, l'objectif est de comprendre comment est réalisée l'articulation entre les deux cultures d'organisation qui coexistent aujourd'hui en matière de recherche et d'innovation, la première liée à une structure hiérarchisée et verticale et la deuxième liée à la représentation de l'innovation comme processus. Nous examinerons dans un premier chapitre comment ce problème est pris en compte dans les stratégies des entreprises, puis nous analyserons dans le deuxième chapitre leurs implications du point de vue de la gestion de l'activité de recherche et d'innovation dans l'entreprise.

L'accent est mis sur les problèmes qui apparaissent au sein des nouvelles formes qui assurent la coordination/confrontation de ces deux cultures. Un des principaux objectifs est de permettre le décloisonnement des activités au sein de la structure fonctionnelle et l'interaction entre les différentes fonctions de l'entreprise. Ceci suppose notamment de mettre en place des organisations favorisant l'intégration des objectifs et des pratiques propres à chaque groupe d'acteurs. Mais cette mise en place ne va pas de soi, car elle se heurte aux structures existantes, à leur inertie et aussi à leur forme d'efficacité. De plus, si les facteurs organisationnels et de gestion contribuent fortement à l'amélioration des interactions entre les acteurs, certains obstacles, notamment dans le domaine de la recherche, sont inhérents à la nature des activités et restent de ce fait difficiles à surmonter.

Le premier chapitre met en évidence les caractéristiques des stratégies d'organisation élaborées actuellement dans les entreprises. On observe tout d'abord une volonté d'intégration plus forte de la R-D au sein des stratégies globales d'entreprise, liée à une prise de conscience, de la part des responsables d'entreprise, de l'importance de la cohérence entre le système de R-D et la stratégie globale de la firme. Ensuite, au niveau des politiques de R-D, l'objectif n'est plus uniquement d'établir des budgets de recherche mais également de mettre en place une véritable gestion des ressources technologiques de l'entreprise. Un des principaux objectifs des stratégies d'organisation actuelles est d'assurer une meilleure utilisation de l'ensemble des "compétences de l'entreprise" et de son "patrimoine technologique".

Dans ce chapitre, nous examinerons dans un premier temps les principes de base des nouvelles stratégies. Puis, à partir de l'étude réalisée sur les groupes industriels Thomson, Siemens et Philips, nous définirons deux types de stratégies, les stratégies d'organisation interne et les stratégies partenariales, qui coexistent et se complètent au sein de chaque entreprise. Nous considérerons ensuite leurs objectifs et leurs implications au niveau de la structure de l'entreprise. Il s'agit d'assurer la coordination entre la R-D et, soit le reste de la firme, soit l'environnement scientifique et technique. Les implications géographiques sont différentes dans chaque cas; les stratégies d'organisation internes ont tendance à rapprocher la R-D et les unités de production et de marketing, alors que les stratégies partenariales privilégient la proximité géographique entre les unités de recherche de l'entreprise et la communauté scientifique composée notamment des centres de recherche publics et des autres laboratoires industriels. Le problème est d'assurer la cohérence entre ces deux tendances, ce qui amène les entreprises à prendre en compte la dimension spatiale de l'organisation de la recherche et de l'innovation au niveau de l'élaboration des stratégies.

Le deuxième chapitre concerne les moyens mis en oeuvre pour gérer les activités de recherche et d'innovation et en particulier pour assurer la coopération entre les différents acteurs du processus d'innovation. La gestion des ressources humaines constitue un des principaux outils; le succès des programmes de recherche dans les entreprises repose largement sur la capacité des firmes à attirer et retenir des chercheurs qualifiés, à accroître leur motivation et développer leur créativité. Toutefois, la gestion des ressources humaines est un outil particulièrement difficile à mettre en oeuvre et à maîtriser dans le secteur de la recherche. Les facteurs

organisationnelles ont un rôle important à jouer dans ce domaine, mais leurs effets sont mal connus et difficiles à contrôler. On observe deux grandes tendances en ce qui concerne les politiques de gestion des chercheurs mises en place dans les entreprises. La première consiste à mettre en place une gestion du personnel de R-D spécifique et isolée de la gestion des autres catégories de personnel; la deuxième est basée sur l'idée d'une gestion des ressources humaines unique pour l'ensemble du personnel et se traduit par une intégration plus ou moins forte de la gestion des chercheurs au sein de la politique globale de la firme.

La gestion par projet constitue un deuxième type d'outil permettant de répondre aux nouvelles exigences de gestion de l'innovation. La constitution d'équipes-projets dans lesquelles sont réunis les différents acteurs intervenant dans le projet favorise les relations et la communication entre les activités et entre les individus. La gestion par projet offre la possibilité, d'une part, d'introduire l'innovation à toutes les étapes du développement et de la production d'un produit et, d'autre part, de gérer l'enchaînement des activités au sein du processus de conception-production. Utilisée dans un premier temps pour gérer les activités de développement et d'études, son application a été récemment étendue aux activités de recherche et d'innovation. Au sein des laboratoires de recherche, la gestion par projet consiste à réunir et à faire travailler ensemble des chercheurs de différentes disciplines scientifiques; dans l'entreprise, il s'agit d'intégrer la R-D au sein des équipes de façon et de lui donner un véritable rôle de partenaire des personnels de marketing et de production.

Les tentatives de mise en oeuvre de ces deux types de moyens de gestion dans le secteur de la recherche et de l'innovation se traduisent par des résultats différents selon qu'il s'agit d'activités de recherche appliquée et de développement ou de recherches de base: les nouvelles formes de gestion semblent mieux adaptées aux premières qu'aux secondes. Il en résulte une certaine distance entre la recherche de base et la recherche appliquée au sein de l'organisation de l'entreprise, et une tendance de la recherche amont à évoluer plus souvent au sein de réseaux scientifiques et techniques.

Chapitre 1

Evolution des stratégies d'organisation

La volonté d'organiser l'activité de recherche et de gérer l'innovation dans les entreprises n'est pas une idée récente. Des efforts de régulation et de contrôle du flux de l'invention ont été réalisés très tôt par les grands groupes industriels. Dès le début du siècle, dans les secteurs industriels dont l'activité était fondée sur la science, notamment dans les secteurs de l'électricité, de l'électronique ou de la chimie, le souci des grandes entreprises était d'intégrer ce flux d'inventions à un processus de "conception-production" allant de l'idée à la vente sur le marché (Pelata et Veltz, 1985).

L'organisation actuelle des activités de recherche et d'innovation dans les entreprises prend cependant une forme nouvelle. On observe en particulier, de la part des dirigeants la volonté non seulement de mettre en place un véritable système de R-D au sein de l'entreprise, mais surtout de le rendre cohérent avec le renouvellement de la structure productive globale du groupe industriel. Cette préoccupation apparaît notamment lorsque le processus d'innovation introduit l'idée de "co-implication" des fonctions comme critère de bon fonctionnement et de performance de l'ensemble de la firme. La R-D participe à cette évolution; son implication dans le processus d'innovation a pour objectif de mieux utiliser le patrimoine technologique de l'entreprise dans tous ses secteurs d'activité et de le valoriser afin d'accroître la compétitivité de la firme. Cette idée est à la base de l'élaboration des différentes stratégies d'organisation en matière de recherche et d'innovation.

L'étude des organisations mises en place actuellement dans les entreprises pour gérer le processus d'innovation et en particulier pour favoriser l'implication de la R-D permet de mettre en évidence deux grands types de stratégies d'organisation. Il s'agit d'une part de stratégies d'organisation internes développées à partir de différents types de recentrages effectués au sein de l'entreprise, et d'autre part, de stratégies partenariales qui prennent une ampleur particulière depuis quelques années. Avant d'aborder l'étude de ces stratégies, il est important d'insister sur deux aspects essentiels: d'une part, ces deux types de stratégies ne s'excluent pas

l'une l'autre, elles se superposent et se combinent dans l'entreprise, et d'autre part, le développement rapide des stratégies partenariales ne doit pas conduire à minimiser le rôle des stratégies d'organisation internes qui connaissent actuellement un profond renouvellement.

Nous essaierons dans ce chapitre de cerner le comportement des entreprises en nous appuyant sur l'exemple des trois grands groupes industriels Siemens, Philips et Thomson. Cette étude sera basée sur la différenciation des stratégies, au niveau plus particulièrement des enjeux, de la structuration de l'activité et des principes de fonctionnement qui en découlent et enfin de leur dimension spatiale.

Les stratégies d'organisation internes sont motivées par le recentrage de l'activité de R-D autour d'axes de recherche, en cohérence avec l'activité de l'entreprise et l'évolution du marché; les stratégies de partenariat en R-D répondent à un besoin croissant d'ouverture de l'entreprise vers l'extérieur. Du point de vue des principes de fonctionnement, les unes sont basées sur la différenciation et la spécialisation des activités, alors que les autres relèvent plutôt d'une idée d'intégration.

Les implications spatiales de ces deux types de stratégies mettent en évidence les deux grandes tendances d'intégration des activités de R-D (Malecki, 1991). La première consiste à rapprocher la R-D du reste de la firme; elle se traduit par une intégration de la structure territoriale de la firme comme élément de la stratégie et par des réorganisations spatiales regroupant les services de R-D et les unités de production ou de marketing. La deuxième tendance répond à des sollicitations externes et a pour objectif de rapprocher les activités de R-D de l'entreprise des autres laboratoires de recherche, privés ou publics, des centres, urbains et des institutions gouvernementales; elle se concrétise par une insertion spatiale des réseaux de partenariat sur des sites scientifiques et techniques ou dans des réseaux territoriaux.

Nous tenterons tout d'abord de mettre en évidence les fondements des deux types de stratégies; nous analyserons ensuite les stratégies d'organisation internes et le rôle de la dimension spatiale dans leur mise en oeuvre; nous considérerons ensuite les stratégies partenariales et leurs configurations spatiales.

Section 1 - Formes du processus d'innovation et fondements des stratégies d'organisation en matière de recherche et d'innovation

1 - Processus séquentiel et processus combinatoire

a.) Le processus d'innovation comme enchaînement séquentiel d'activités

Le comportement des entreprises en matière d'organisation de la R-D et de l'innovation est fortement inspiré du schéma schumpétérien de l'innovation procédant d'une régularité linéaire continue entre l'apparition de l'idée et la mise au point de l'innovation marchande.

Le processus d'innovation, selon ce schéma, est conçu de manière séquentielle: il prend la forme d'une suite d'activités réalisées dans des services différents de l'entreprise. Le schéma séquentiel et linéaire type inclut, en amont, une phase de recherche et de développement, puis une étape de pré-industrialisation dont le rôle est d'assurer le passage à l'industrialisation. Le relais est pris ensuite par les services et les unités de production de l'entreprise qui assurent la fabrication du produit. Le marketing intervenait "traditionnellement" à ce stade, pour déterminer les marchés sur lesquels le produit pourrait être vendu. Enfin, les directions commerciales et les services de distribution prennent en charge la vente du produit.

Les évolutions qui ont eu lieu au cours de ces dernières années ont remis en cause cette structure linéaire; des processus à structure parallèle ou intégrée ont été mis en place (Xuereb, 1991). Le déroulement des activités se fait différemment, l'enchaînement linéaire est rompu de manière à raccourcir la durée du processus: les étapes se chevauchent ou se déroulent simultanément selon des procédures diverses variant en fonction des entreprises ou des secteurs. On observe toutefois une généralisation de certaines tendances telle que l'intervention des personnels du marketing de plus en plus tôt dans le processus, très souvent en même temps que le développement du produit de façon à adapter celui-ci aux exigences du marché. Un autre axe de l'évolution consiste à accroître les échanges entre les composantes fonctionnelles du processus d'innovation et à développer la communication entre les groupes intervenant à chaque étape, par différentes procédures formelles ou informelles. Cette logique de fonctionnement apparaît plus particulièrement lorsque la structure du processus est intégrée.

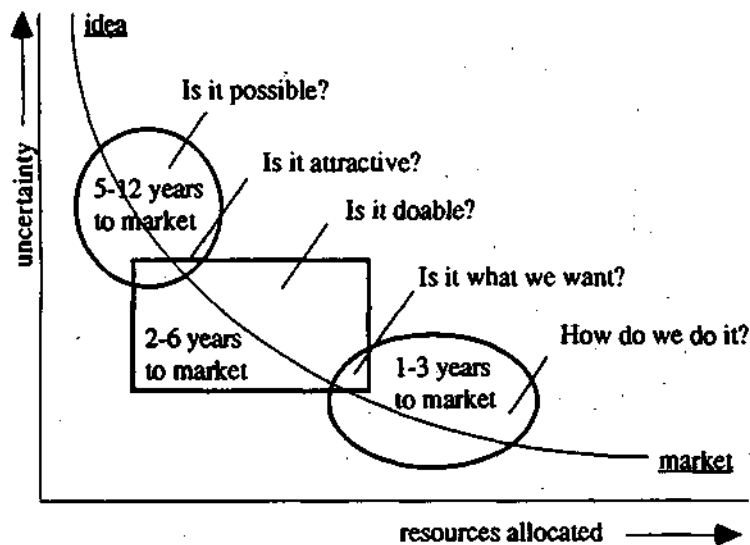
Il ressort de cette conception, deux principes de base: la globalité et la temporalité du processus d'innovation. Ces deux principes ont été identifiés par Régis Larue de Tournemine (1991) comme les deux thèmes autour desquels peuvent être regroupées les caractéristiques du processus d'innovation dans les industries fondées sur la science. Ces deux principes orientent les stratégies d'organisation mises en place dans les entreprises.

Le processus d'innovation est considéré au sein des entreprises comme un processus global, c'est-à-dire incluant différentes phases, de la recherche jusqu'à la commercialisation. Ceci signifie que les stratégies d'organisation doivent prendre en compte ces différentes séquences, d'une part, individuellement en considérant leurs caractéristiques et logiques propres et, d'autre part, dans leur ensemble en les organisant selon une logique d'élaboration de technologies à la fois génériques et spécifiques, valorisables dans différents domaines d'application stratégiques pour l'entreprise.

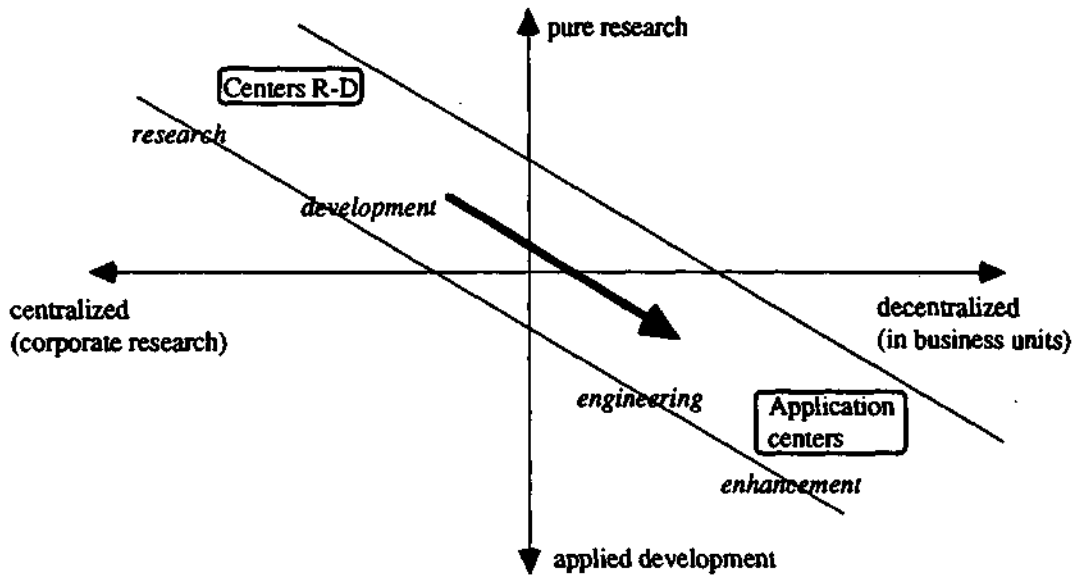
Le principe de temporalité se traduit, d'une part, par le fait qu'il existe une certaine dynamique du processus d'innovation, et d'autre part, par la différence de temporalités qui apparaît au sein du processus. Le processus d'innovation est dynamique: il est constitué de séquences qui s'enchaînent et peuvent s'étendre sur plusieurs années. Les stratégies d'organisation doivent valoriser cet enchaînement d'activités scientifiques, technologiques, industrielles, commerciales; elles sont ainsi amenées à considérer plus particulièrement le passage d'un type d'activité à un autre. En ce qui concerne la différence de temporalités au sein du processus d'innovation, celle-ci se concrétise par des horizons et des rythmes de travail propres aux différentes catégories d'acteurs et d'activités impliqués dans le processus d'innovation. La logique des stratégies d'organisation concerne la gestion et l'harmonisation de ces temporalités.

La représentation du processus d'innovation dans les groupes Philips, Thomson et Siemens montre, d'une part, que l'influence du modèle séquentiel linéaire reste forte et, d'autre part, que la recherche scientifique joue toujours le rôle de principal initiateur de l'innovation. Cependant les schémas établis par les trois entreprises font ressortir le souci de plus en plus affirmé d'assurer le lien entre la recherche de base et le marché et de gérer l'articulation entre les étapes.

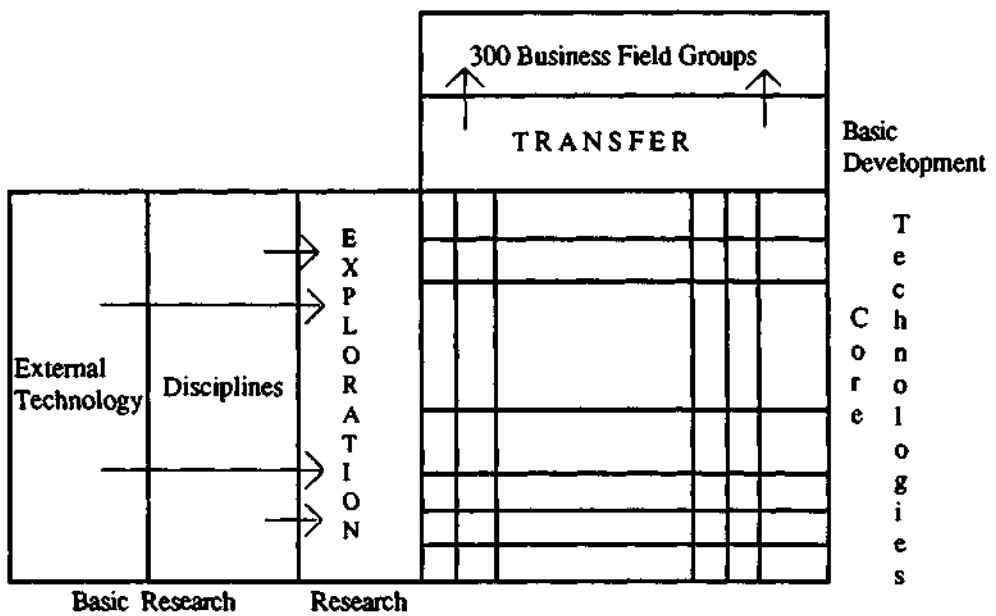
Philips



Thomson



Siemens



b) Le processus d'innovation comme processus combinatoire

L'innovation est de plus en plus considérée comme le résultat d'un processus combinatoire. Cette conception met l'accent sur les différents types d'interactions et d'échanges qui peuvent avoir lieu au sein du processus d'innovation. Elle met en évidence la nécessité d'une intégration forte des activités qui interviennent dans le processus, cette dynamique ayant pour effet notamment de réduire les problèmes d'articulation entre les différentes séquences et de passage d'une étape à l'autre.

La logique combinatoire qui est au coeur du processus d'innovation intervient à plusieurs niveaux.

Une première combinatoire, de type horizontal, a lieu au niveau scientifique et technologique; elle établit des relations entre les disciplines scientifiques et combine les technologies entre elles. A ce niveau d'interaction, les échanges peuvent avoir lieu à l'intérieur de la firme: au sein de chaque laboratoire de recherche de l'entreprise ou entre les laboratoires; mais ils peuvent également se développer avec l'extérieur de la firme, soit avec d'autres laboratoires industriels soit avec des centres de recherche publics, notamment universitaires.

Une deuxième combinatoire, de type vertical, met en oeuvre une dynamique d'interaction entre les acteurs du processus d'innovation, internes et externes à l'entreprise; il en résulte un chevauchement des étapes et un accroissement des échanges entre les composantes fonctionnelles du processus. Cette dynamique combinatoire, de même que celle qui intervient au niveau horizontal, se développe non seulement à l'intérieur de la firme mais également en relation avec son environnement; elle met en relation des services ou des départements internes à la firme, mais associe également les partenaires de l'entreprise; en particulier elle permet la confrontation avec le marché, c'est-à-dire entre une expérience ou des connaissances acquises et des exigences nouvelles.

Cette dynamique intervient non seulement au niveau du processus d'innovation, c'est-à-dire du déroulement des activités qui conduisent à une innovation, mais également au niveau du produit, de sa nature et de sa composition.

La nouveauté, en ce qui concerne le produit, peut se traduire de différentes manières. Un produit nouveau peut être soit totalement différent de ceux qui existent, soit constituer une variante d'un produit existant, soit résulter d'une mise en connexion de plusieurs produits existants. La plupart des produits nouveaux qui sont actuellement développés sont le résultat de combinaisons de plus en plus complexes. L'introduction de composants électroniques dans l'automobile constitue un exemple significatif de cette évolution, montrant notamment que cette forme d'innovation de produit n'est pas une simple juxtaposition de produits existants. Les nombreuses recherches mises en oeuvre actuellement dans les entreprises des deux secteurs, de l'automobile et de l'électronique, mettent en évidence la complexité de ces combinaisons et les problèmes soulevés par la mise en connexion de produits qui jusque là fonctionnaient dans des systèmes séparés. La TVHD constitue un autre exemple du niveau de complexité atteint; dans ce cas, certains des produits utilisés ne sont pas encore totalement mis au point, tels que les écrans plats qui font actuellement l'objet de recherches intenses.

Cette conception du processus d'innovation amène les entreprises à multiplier les interactions et les combinaisons qui peuvent engendrer des innovations; cette évolution se concrétise notamment par un développement rapide des relations de partenariat qui constituent un lieu privilégié pour la mise en oeuvre de cette dynamique combinatoire, mais également par un renforcement des interactions entre les différents départements de l'entreprise.

Compte tenu de la diversité des combinaisons possibles, les entreprises ressentent progressivement la nécessité d'organiser ces relations, ce qui se traduit par l'élaboration et la mise en oeuvre de stratégies d'organisation à la fois à l'intérieur de la firme et avec ses partenaires.

Les stratégies d'organisation partenariales sont de plus en plus formulées par rapport à cette dimension combinatoire de l'élaboration des technologies. D'une part, les organisations mises en place ont pour objectif de valoriser les interactions, qui sont à l'origine des combinaisons innovatives, plutôt que les transitions entre les phases du processus d'innovation; d'autre part, les nouveaux produits et

procédés qui résultent de ces technologies combinatoires peuvent faire l'objet de multiples applications, ils doivent donc être valorisés dans plusieurs secteurs (Groupe d'Etude des Stratégies Technologiques, 1986).

2 - Innovation de rupture et innovation différentielle

L'évolution au cours des dernières années a été marquée par le fait que la stratégie des entreprises, leur logique d'intervention a eu pour objectif non seulement de mettre en place des innovations radicales mais également de se donner les moyens de développer des innovations différentielles.

Toutefois l'attention générale portée sur les améliorations incrémentales ne doit pas conduire à minimiser le rôle des innovations de rupture. Les innovations révolutionnaires consistent à développer de nouvelles technologies qui permettent d'aller au-delà des limites techniques existantes (Constant, 1980). Or, rien ne laisse prévoir que les grandes vagues d'innovation schumpéteriennes ne se produiront plus et que l'innovation a perdu son caractère cyclique et discontinu. Certains auteurs, notamment au sein du Groupe d'Etude des Stratégies Technologiques, pensent au contraire que le contexte des vingt dernières années est très proche de celui décrit par Schumpeter comme propice à l'apparition de telles innovations. Des phénomènes tels que "l'accélération de l'évolution des technologies et la mise en place de nouveaux systèmes techniques" (Groupe d'Etude des Stratégies Technologiques, 1986) peuvent annoncer le début d'un nouveau cycle long. L'enjeu pour les entreprises est important: celles qui maîtrisent ces nouvelles technologies constituent le noyau dynamique de l'activité économique et possèdent un avantage concurrentiel déterminant.

L'innovation incrémentale par améliorations successives n'est pas une nouvelle façon d'innover venant remplacer une autre forme plus ancienne appelée à disparaître. Mais, cette forme d'innovation a été relativement peu prise en considération jusqu'à maintenant; le processus d'innovation par améliorations constantes fait l'objet aujourd'hui de la mise en oeuvre de stratégies et de structures nouvelles et tend à être de plus en plus organisé.

Compte tenu de cette évolution, le problème clé pour la mise en oeuvre de stratégies de recherche et d'innovation réside dans le comportement à adopter et les structures à mettre en place pour favoriser le développement de ces deux formes d'innovation,

l'important étant de les développer, non pas de manière séparée, mais en les articulant l'une à l'autre. Les difficultés résultent notamment de la différence qui existe tant au niveau des moyens à mettre en oeuvre que des enjeux qui apparaissent.

3 - Renforcement du rôle stratégique de la recherche de base

a) Un besoin accru de connaissances de base

On assiste actuellement à un accroissement du besoin de connaissances fondamentales dans la plupart des secteurs industriels; une demande est exprimée de façon de plus en plus nette non seulement dans les industries basées sur la science mais également dans les secteurs où traditionnellement il n'existaient pas d'activités de recherche de base; c'est le cas du secteur de l'automobile qui exprime actuellement une forte demande de connaissances nouvelles, en particulier dans le domaine de l'électronique. Cette demande résulte pour une large part, de l'évolution technologique mais aussi des stratégies qui sont actuellement mises en place dans les entreprises. Du point de vue technologique, la complexité croissante des produits et la sophistication des technologies exigent un niveau de connaissances de base de plus en plus élevé. Les stratégies des entreprises renforcent cette évolution: la compétitivité étant de plus en plus liée à la capacité à accroître et à transformer les nouvelles connaissances scientifiques et technologiques en produits et en profits, les entreprises sont demandeuses de telles connaissances.

Une des principales difficultés est de cerner la nature de cette demande et le rôle des différents acteurs dans la production de connaissances nouvelles. En effet, des connaissances nouvelles sont demandées à la fois pour la mise au point d'innovations révolutionnaires provenant de percées scientifiques et fondées sur de nouveaux concepts (par exemple, le transistor) et pour la réalisation d'innovations différentielles qui permettent la transformation des premiers produits en industries matures. Ces innovations qui se développent le plus souvent à partir de l'apprentissage par l'expérience et l'exécution, c'est-à-dire au niveau de la "base d'expérience" telle qu'elle est définie par G. Dosi, mettent à jour des problèmes qui nécessitent pour leur résolution un certain niveau de théorisation; ceci se traduit par une remontée vers l'amont scientifique, la maîtrise théorique permettant de faire face à ces problèmes.

Une autre catégorie de connaissances fondamentales est demandée: il s'agit des connaissances scientifiques et technologiques "transversales" qui peuvent être utilisées dans plusieurs secteurs et pour la mise au point de différents produits.

Les difficultés rencontrées pour répondre à cette demande croissante sont mises en évidence et renforcées par la focalisation de l'attention et des actions sur la prise en compte des objectifs industriels et commerciaux au sein des activités de R-D, non seulement dans les laboratoires industriels mais également dans les centres de recherche publics. De plus en plus, les équipes de recherche sont fortement encouragées à développer des liens avec les industriels et à travailler dans le cadre de contrats avec les entreprises, dans le but d'assurer un débouché aux travaux de recherche réalisés et de valoriser les résultats sur le marché. Le même type de problème se pose dans les laboratoires industriels: les chercheurs sont de plus en plus soumis aux contraintes du marché du fait de la mise en place dans les firmes des différentes organisations dont l'objectif est d'établir une interaction entre la R-D et le marché.

Cette demande croissante de connaissances de base suppose un développement à la fois de la recherche scientifique de type universitaire, dégagée des contraintes industrielles et commerciales, et de la recherche exploratoire réalisée par les entreprises, qui tout en étant plus orientée vers le marché, conserve une certaine souplesse et ouverture vers d'autres domaines ou secteurs.

b) Le statut privilégié de la R-D

La R-D occupe de plus en plus une place privilégiée dans la stratégie globale de l'entreprise, non seulement du fait de l'effort important qui lui est consacré mais aussi par l'évolution de son statut, qui oriente le comportement des firmes; elle n'est plus considérée uniquement comme une dépense mais devient de plus en plus un investissement qu'il s'agit de valoriser.

- l'augmentation des budgets de recherche: investir dans un plus grand nombre de voies permet de multiplier les possibilités d'innovation et donc d'accroître la probabilité d'acquisition d'un avantage concurrentiel, mais également de limiter le risque lié à l'activité de recherche. L'augmentation des budgets de R-D est liée également à l'idée selon laquelle la recherche peut être une source de réussite. Or, la réussite constitue un souci majeur dans les entreprises, "le problème général des

entreprises est de réussir c'est-à-dire de ne jamais se tromper et non d'économiser"¹.

- la R-P comme investissement: considérer la R-D comme un investissement a pour effet de prendre en compte lors de l'élaboration des stratégies, deux caractéristiques principales de la notion d'investissement: la dimension de long terme et la nécessité du retour d'investissement.

. La dimension de long terme: face au raccourcissement des cycles de vie des produits, les entreprises sont amenées à mettre en place différents types de stratégies et d'organisation visant à réduire la durée du cycle de développement des produits et de mise sur le marché. Mais parallèlement, du fait de l'augmentation de la concurrence, il devient de plus en plus difficile d'obtenir une "position rentable et durable" au sens où l'entend M. Porter dans sa définition de la stratégie. Un tel enjeu conduit les entreprises à mettre en place des stratégies à long terme, essayant à la fois d'anticiper la demande sur le marché, de la maîtriser et éventuellement d'agir sur son évolution.

Or, dans des industries fondées sur la science telles que l'électronique, contrôler et orienter l'évolution du marché suppose une forte maîtrise du développement technologique à long terme. Il est donc crucial pour les entreprises d'introduire cette dimension dans l'organisation et la gestion de la R-D et de raisonner dans le long terme. L'enjeu est considérable: il s'agit d'acquérir une position de leader par la mise au point d'une innovation technique majeure, qui constitue un avantage concurrentiel exceptionnel pour l'entreprise.

Les dirigeants d'entreprise prennent conscience actuellement que la survie d'une entreprise ne dépend pas seulement de sa position actuelle sur le marché mais aussi de son aptitude à être présente sur des marchés en croissance. La mise en place de stratégies de ressources technologiques dans les entreprises répond à cette nécessité de plus en plus forte de maîtrise du moyen et long terme: "c'est par de telles "stratégies de ressources" qui projettent dans le futur les possibilités d'exploitation des capacités actuelles de l'entreprise, que celle-ci peut aborder avec le maximum d'atouts, son développement à moyen et long terme" (Morin et Seurat, 1989).

entretien avec Paul Caseau, Directeur de la Recherche, EDF.

. La R-D n'étant plus considérée comme une dépense mais comme un investissement, le retour d'investissement devient un élément essentiel de la gestion de la R-D. Le retour d'investissement, qui doit être le plus élevé et le plus rapide possible, découle de l'aptitude à combiner les technologies et à les sélectionner en fonction des orientations prises par la firme. Il en résulte une gestion du système de R-D, basée à la fois sur un principe centralisateur répondant à la nécessité de la sélection et sur une ouverture vers l'extérieur pour assurer la combinaison des diverses dimensions.

cl La gestion stratégique de la R-D: trois principes de base

La gestion stratégique de la R-D, observée dans les entreprises, repose sur l'activation de trois principes, qui ont été mis en évidence par le GEST au cours de travaux sur les stratégies de grappes technologiques (1986). Le principe d'agglomération permet de réunir les différentes technologies nécessaires à la constitution des combinaisons; l'"agglomération" peut se faire par acquisition externe, par développement interne ou par collaboration avec des partenaires externes. Le principe de percolation procède d'une multiplication des collaborations à l'intérieur de la firme; il opère par activation des combinaisons jugées intéressantes pour l'entreprise. Ces deux principes accroissent la complexité du système de R-D de la firme. Le troisième principe assure la théorisation: d'une part, il donne une explication aux développements empiriques en assurant la remontée vers la théorie et la science; ainsi, il "conceptualise la combinatoire"; et d'autre part, il permet de sélectionner, sur la base d'une connaissance scientifique, les voies les plus intéressantes.

Section 2 - Stratégies technologiques et organisation interne

1- Les enjeux

Les différents recentrages pratiqués aujourd'hui au sein des systèmes de R-D des entreprises consistent à redéfinir les axes de recherche et à réorganiser l'activité autour de ces thèmes, ils ont pour principal objectif la valorisation du patrimoine et des compétences technologiques qui existent dans la firme. Ces recentrages ont des implications dans toute l'entreprise et des répercussions qui mettent en évidence différents types d'enjeux (Morin et Seurat, 1989).

- réduire les coûts: un des principaux objectifs de ce type de recentrages est de rationaliser l'activité de R-D c'est-à-dire d'une part, d'éviter de réaliser les mêmes recherches dans plusieurs lieux simultanément, et d'autre part, de limiter le développement d'activités de recherche coûteuses et marginales par rapport à l'activité centrale de la firme. Les recherches développées par les laboratoires en réponse directe à la demande locale sont de moins en moins acceptées par la Direction Centrale de la R-D. Seules les recherches cohérentes avec les grands axes de la politique de recherche de la firme sont maintenues et développées. Les recherches effectuées par les équipes de R-D dans les divisions sont mieux contrôlées et dans certains cas imposées par la Direction de la Recherche.

- favoriser les innovations mises plus rapidement sur le marché: le raccourcissement des délais de mise sur le marché des produits nouveaux constitue de plus en plus une priorité dans la gestion des cycles de développement. L'enjeu des stratégies d'organisation en matière de recherche et d'innovation est non seulement de réduire ce délai mais également d'intervenir plus en amont pour favoriser plus spécifiquement les innovations qui pourront être mises rapidement sur le marché. Ainsi, certains types de restructurations, notamment celles qui ont comme principe de base de structurer l'activité selon les produits ou selon les technologies, ont pour objectif de provoquer l'apparition de produits nouveaux au sein d'une structure qui en permettra la valorisation rapide sur le marché: on assiste ainsi au développement d'une adéquation entre une innovation et la structure dans laquelle elle apparaît.

Cet objectif met en jeu des mécanismes différents selon le type de structure mise en place. Ainsi, la répartition de l'activité par produit tend à établir un lien plus étroit, d'une part, entre les fonctions intervenant pour la mise au point d'un produit défini et

d'autre part, entre les différentes phases du processus de développement de ce produit. Dans le cas de structuration par technologie, l'objectif de réduction du délai de mise sur le marché utilise un autre type de mécanisme: il s'agit d'être présent dans plusieurs secteurs à la fois de façon à pouvoir transférer rapidement dans un secteur une innovation mise au point dans un autre. C'est le cas notamment des technologies duales, développées pour le marché civil et adaptées aux spécificités du secteur militaire.

- accroître la flexibilité: les recentrages réalisés sont en général guidés par la nécessité de constituer un noyau de compétences, un "coeur technologique" de l'entreprise. Il en résulte une plus grande aptitude de l'entreprise à changer d'activités, autour de ce noyau permanent.

- mobiliser l'entreprise: la mobilisation de l'entreprise constitue un enjeu important du recentrage de l'activité de R-D. En effet, les restructurations effectuées ont pour effet de mobiliser l'entreprise autour de grands projets ou programmes, en regroupant les compétences individuelles et collectives qui existent dans la firme. L'enjeu n'est pas seulement de constituer une identité de l'entreprise et de lui assurer une certaine stabilité à travers les différents changements que subit la firme; il s'agit également d'assurer la pérennité de l'entreprise à partir d'une base solide.

2 - La structuration de l'activité de R-D et les stratégies de l'entreprise

L'étude des différents types de structuration de l'activité de recherche et l'analyse de leurs principes de fonctionnement et modes opératoires sont réalisées à partir de l'observation des systèmes et des stratégies de R-D des groupes industriels Philips, Thomson et Siemens.

a) Les différents types de segmentation de la R-D

Les critères de segmentation considérés ici sont liés au contenu de l'activité de R-D. La structuration des recherches dans les firmes est réalisée de plusieurs façons: selon les disciplines, les produits, les secteurs, les métiers, les technologies. Dans chaque entreprise on observe une superposition et une combinaison de ces différents types de segmentation.

- par discipline: la structuration de la recherche de base est souvent réalisée en fonction des disciplines. Siemens travaille dans trois grandes disciplines: mathématiques, informatique, physique/chimie. Chez Philips, les disciplines de base sont la micro-électronique et la physique. Chez Thomson les recherches de base sont réalisées dans le domaine de la physique au LCR (comprenant essentiellement l'électronique, l'opto-électronique, le magnétisme) et de l'intelligence artificielle au LER.

- par secteur: ce facteur de différenciation est également utilisé pour structurer les recherches de base. La répartition des activités par laboratoire chez Thomson est fortement liée au secteur d'application. Le LCR travaille essentiellement pour le secteur militaire (80 % de ses activités), plus particulièrement sur les systèmes de défense et le LER travaille pour le secteur civil (également pour 80 % de ses activités) principalement dans le domaine des télécommunications.

- par produit: l'idée d'application est de plus en plus présente dans la définition des axes de recherche. Ce critère opère en général au niveau de la recherche appliquée mais il intervient également au niveau de la recherche de base.

Chez Philips, au sein du LEP (Laboratoires d'Electronique Philips), un département "Systèmes" est chargé de la mise au point de produits complexes nécessitant le regroupement de plusieurs types de compétences; actuellement, les recherches réalisées dans ce département sont centrées sur la TVHD et sur l'instrumentation médicale.

Cette distinction par produit, est plus souvent observée dans le cadre de la recherche appliquée. Au sein de Thomson Consumer Electronics, certains laboratoires travaillent sur un produit précis: c'est le cas du laboratoire de Villingen spécialisé sur les récepteurs. La structuration par produit est plus nette encore, au sein des divisions-produits, qui dans la plupart des cas mettent en place des équipes de R-D spécialisées en fonction du produit concerné. La spécialisation a lieu ensuite selon les composants du produit, ses fonctions ou les technologies utilisées.

- par métier: de plus en plus le critère du métier de base de l'entreprise intervient pour effectuer le recentrage des activités de recherche. Il s'agit dans ce cas d'utiliser un savoir et un savoir-faire que l'entreprise maîtrise et qui ne nécessite pas la mise

en place d'un processus d'apprentissage long et coûteux ne pouvant pas être valorisé rapidement.

Toutefois, il ne s'agit pas seulement d'un retour vers des compétences, une expérience et un savoir-faire reconnus comme ceux qui ont permis à l'entreprise de se développer et d'obtenir une position forte sur le marché. On assiste, également, à une régénération des métiers traditionnels de l'entreprise. Le nouveau concept de métier autour duquel a lieu ce type de restructuration reste mal défini dans les entreprises; il correspond le plus souvent à un "ensemble de compétences liées à la maîtrise d'une technologie ou gamme de technologies particulières" (GEST), mais il peut également être conçu comme la capacité à assurer une fonction spécifique. Chez Philips, les métiers de base sont définis à partir de compétences techniques telles que l'audiovisuel ou le traitement d'images. Au sein de Thomson Composants Militaires et Spatiaux, la définition des métiers est basée sur la notion de fonction; il s'agit des concepteurs, des technologues, des ingénieurs-qualité, des ingénieurs-production.

- par technologie: dans le contexte actuel et vu la difficulté de définir les "métiers", les firmes reconnaissent de plus en plus l'importance d'un recentrage de leurs activités de R-P à partir d'une segmentation par grandes "technologies", ce concept assez vague désignant des champs de compétences intermédiaires entre les disciplines et les produits.

Cette évolution a été mise en évidence par J. Morin et R. Seurat. L'environnement technologique actuel des entreprises est marqué par des "ruptures"; celles-ci résultent de la diffusion de plus en plus rapide des nouvelles technologies dans des secteurs autres que le secteur d'origine. Il en découle, du point de vue de l'entreprise, un risque croissant de voir apparaître dans son secteur d'activité des technologies plus performantes, développées à partir de compétences scientifiques et techniques que l'entreprise ne possède pas. Face à ces ruptures, les entreprises sont conduites à constituer leur propre potentiel technologique.

La segmentation par technologie offre un avantage essentiel dans le contexte actuel: elle permet d'assurer une certaine stabilité à l'entreprise. En effet, les compétences techniques d'une firme représentent une base stable sur laquelle elle peut construire; il s'agit, en général, de savoirs et de savoir-faire maîtrisés par l'entreprise depuis longtemps. De plus, en se donnant la possibilité d'intervenir et de valoriser ses

ressources dans différents secteurs, la firme est moins dépendante des fluctuations, conjoncturelles ou structurelles, d'un nombre restreint de marchés.

b) Stratégies de portefeuille et stratégies de ressources: principes et logique de fonctionnement

Les différentes structurations de l'activité de R-D correspondent à deux grands types de stratégies dans l'entreprise: les stratégies de portefeuille et les stratégies de ressources.

L'analyse stratégique de portefeuille d'activité consiste à segmenter l'activité principalement en fonction des produits et des secteurs et conduit à privilégier le couple produit/marché comme élément de base de la réflexion stratégique et de l'organisation qui en découle. Les stratégies de portefeuille sont définies par l'aval, la recherche n'occupe pas une place stratégique dans cette définition et dans leur mise en oeuvre. L'élément de référence essentiel est constitué par les produits et les marchés; les grandes disciplines scientifiques interviennent indirectement: elles constituent la base des grands champs technologiques tels que la mécanique, l'électronique, la chimie..., qui segmentent l'ensemble du tissu industriel et autour desquels les secteurs s'organisent verticalement. Les recherches développées par les grandes firmes dans ces disciplines constituent des réserves technologiques et scientifiques que l'entreprise peut valoriser dans ses secteurs d'activité et sur ses marchés.

Cette approche stratégique et les segmentations qui lui sont liées ont pour effet de cloisonner l'activité scientifique et technique au sein de l'entreprise; il en résulte des difficultés de cheminement transversal des technologies dans la firme et d'interaction entre différents domaines. Par ailleurs, du fait d'une réflexion stratégique largement orientée vers la réponse aux exigences des marchés du portefeuille d'activités, l'horizon reste relativement limité. Ceci se traduit, du point de vue des entreprises, soit par une ignorance des possibilités à long terme du progrès technologique, soit par un comportement de "suiveur" par rapport aux concurrents innovateurs.

Les stratégies de ressources sont définies à partir du patrimoine de l'entreprise. La mise en oeuvre de ce type de stratégie, à la différence des stratégies de portefeuille, est basée sur un pilotage par l'amont: celui-ci consiste à définir à partir du contenu

du patrimoine de l'entreprise, les marchés sur lesquels l'entreprise doit intervenir. Une relation directe est établie entre la recherche et l'activité globale de l'entreprise. Dans ce type de stratégie, la technologie constitue un élément de référence important.

Une des principales caractéristiques de ces stratégies est leur transversalité; elles permettent le développement de synergies et la réalisation de combinaisons entre les différentes compétences qui existent au sein de la firme. Elles sont basées sur l'identification des domaines technologiques qui, à la différence des analyses faites dans les stratégies de portefeuille, sont maîtrisés par la firme quels que soient les secteurs d'application. L'objectif est de valoriser ces différents champs technologiques dans plusieurs secteurs ou pour le développement de plusieurs produits, y compris sur des segments d'activité nouveaux pour l'entreprise.

La répartition par technologie, des compétences de l'entreprise et de ses activités de R-D, relève de la mise en place de stratégies de ressources. Différentes classifications sont établies en fonction de la valeur que représente chaque technologie pour l'entreprise. Deux grands types de critères de classification peuvent être mis en évidence (Morin et Seurat, 1989). Le premier est relatif à la nature des technologies, identifiées à partir du coeur technologique jusqu'aux technologies périphériques. Les technologies de noyau dur constituent le "coeur de l'entreprise", à partir duquel la firme se construit et se développe et sur lequel elle fonde son avantage concurrentiel. Les technologies de base ou technologies spécifiques, correspondent aux compétences nécessaires pour exercer un métier et être compétitif dans le domaine d'activité concerné; elles sont détenues par toutes les entreprises qui interviennent dans ce domaine. Les technologies périphériques correspondent à des technologies de différenciation ou à des technologies diffusantes; les premières mettent l'accent sur les possibilités de développement qu'elles ouvrent sur d'autres marchés, les secondes font référence à la possibilité d'utilisation de ces technologies par plusieurs secteurs de la firme. Un deuxième critère permet d'établir une classification complémentaire des technologies identifiées; il s'agit de leur degré de maturité qui distingue les technologies embryonnaires, émergentes, en croissance, mûres et en déclin.

Les stratégies de ressources, centrées sur l'idée de mise en valeur du patrimoine de la firme, se traduisent par un retour à la notion de métier. Les recentrages par métier, effectués actuellement dans les entreprises, sont de plus en plus cohérents

avec la mise en place de ce type de stratégies. On constate ainsi que les métiers de l'entreprise tels qu'ils sont redéfinis aujourd'hui, correspondent au coeur technologique de chaque firme. Ils se caractérisent non seulement par le fait que l'ensemble de l'entreprise s'y reconnaisse, mais également par les potentialités qu'ils représentent quant à l'exploitation des compétences de la firme dans des secteurs différents, dans lesquels l'entreprise n'est pas obligatoirement présente.

3 - L'évolution vers des segmentations par technologie et la mise en place de stratégies technologiques dans les entreprises

Les activités de R-D dans les groupes industriels observés, font l'objet depuis environ deux ans, de restructurations profondes centrées sur les technologies détenues par la firme. La réflexion stratégique dans chaque cas est fondée sur la prise de conscience des blocages et du manque de synergies entre la recherche appliquée réalisée dans les divisions et la recherche de base effectuée dans les laboratoires centraux et gérée par la Direction Centrale de la R-D. Dans cette situation la Direction Centrale de la R-D apparaît souvent comme un secteur de l'entreprise qui dépense plus qu'il ne produit.

L'évolution de l'activité au sein de ces entreprises a également été à l'origine de ces recentrages: la multiplication des activités de base de chaque groupe, concrétisée par une augmentation du nombre de divisions ou de filiales, fait croître la demande de connaissances de base.

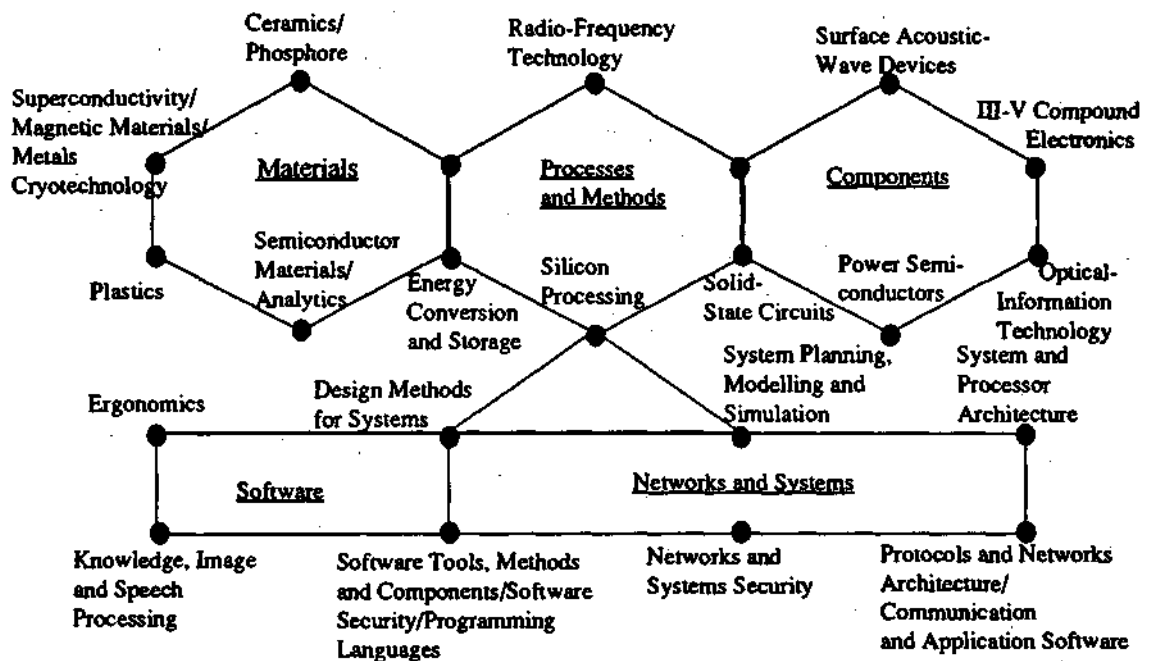
Face aux difficultés de fonctionnement interne et à l'élargissement de l'éventail d'activités, se pose le problème de l'utilité et de l'efficacité du système de R-D et notamment de la structure centrale de recherche dans l'entreprise.

Les stratégies technologiques ont été élaborées à partir d'actions systématiques menées dans toute l'entreprise. Des critères spécifiques permettant de qualifier les technologies qui sont stratégiques pour l'entreprise ont été établis et ont permis de définir les grandes orientations à suivre, d'une part, du point de vue du contenu technologique de l'activité, et d'autre part, en matière d'organisation et de structure de la R-D.

Ainsi, chez Siemens, il a été déterminé vingt deux technologies centrales ("core technologies"), répondant à quatre critères précis: pouvoir être appliquées dans

plusieurs champs d'activité (représentés par les divisions), avoir une valeur ajoutée sur le marché aujourd'hui, offrir une possibilité de valeur ajoutée dans l'avenir, avoir un impact stratégique et déterminant pour Siemens (les semiconducteurs, par exemple). Ces technologies ont été regroupées en cinq pôles ou grappes, dont la particularité est d'être articulés selon un "réseau de technologies". Construit à partir des points de contact et des interfaces entre les technologies, ce réseau met en évidence l'imbrication des technologies identifiées. Certaines technologies constituent des points privilégiés du réseau: elles forment les noeuds du réseau, qui permettent l'articulation entre les grappes de technologies; elles constituent des lieux privilégiés où se créent des synergies et se développent des contacts et des interactions entre les grappes technologiques. Ces pôles de technologies sont regroupés, au sein du réseau, en deux grandes catégories: les "technologies de base" et les "technologies de systèmes". Ces technologies stratégiques constituent les principales sources d'innovation au sein de la R-D, pour la prochaine décennie.

Le réseau de technologies du groupe Siemens
Cinq groupes de technologies et vingt deux "core technologies"



Parallèlement, une nouvelle structure a été mise en place au niveau de la Direction Centrale de la Recherche dont le principe de base était de refléter le réseau de technologies centrales. On retrouve ainsi, dans l'organigramme de la Direction de la Recherche, une structure par technologie cohérente avec l'organisation de l'activité telle qu'elle est définie dans le réseau de technologies.

Corporate R-D

| Innovation Center | Basic Technologies | Systems | Intellectual Property and Standards | Technology Planning Service |
|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------------|---|
| | Materials | Software | | Business Administration and Controlling |
| | | | | |
| | Energy process | Components | | |
| | | | | Human resources |
| | | Networks | | |
| | Applied Center | | | Shops and laboratories services |
| | | Applied Center Innovation | | |

Il apparaît également dans cette organisation une structuration de l'activité de recherche par rapport à l'horizon des technologies: les technologies de systèmes se développent dans le court terme, les technologies de base dans le moyen terme et le "Centre d'Innovation" a pour but d'explorer les technologies à long terme. Ce Centre, qui n'existait pas dans la structure précédente, est chargé de détecter pour les dix années à venir, les technologies qui peuvent être développées au sein de la firme, à partir du savoir et des compétences qui existent et qui pourraient procurer un avantage concurrentiel; le premier projet mis en oeuvre concerne le domaine de l'électronique dans l'automobile.

Au sein du groupe Philips, il a été établi une stratégie du même type consistant à réaliser un bilan des ressources technologiques et à déterminer, à partir de ce patrimoine, les principales actions à mettre en oeuvre. La stratégie mise en place a

également pour objectif de recentraliser l'organisation du groupe, très dispersée à la fois géographiquement et structurellement. Le principe de base est de constituer l'ensemble des recherches réalisées dans le groupe en un programme unique de recherche, ce programme étant géré et financé globalement par les divisions-produits et par la Direction de la Recherche. Il s'agit de responsabiliser à la fois les laboratoires et les services de recherche appliquée et de développement, et de réduire les rapports hiérarchiques entre ces deux types d'entités.

Une des principales caractéristiques de la méthode utilisée par les responsables de la R-D est de procéder au bilan du patrimoine à partir des ressources humaines de l'entreprise. Les 1700 chercheurs des laboratoires ont été répartis, d'une part, selon leurs domaines de compétences, et d'autre part, selon les secteurs d'application possibles. L'ensemble des domaines de compétences représente ce que les chercheurs peuvent faire et ont appris à faire; dix à douze domaines ont été définis comprenant chacun 100 à 300 chercheurs. Les secteurs d'application sont les domaines dans lesquels les résultats des recherches effectuées dans le groupe peuvent être utilisés. A partir de cette analyse, un tableau à double entrée a été construit, donnant une image de la composition et de la structure du patrimoine.

Human resources localisation

APPLICATIONS

| | | TV | Magnetic Recording | | | |
|--|-------------------|----|--------------------|--|--|--|
| | | | | | | |
| | Materials | | | | | |
| | Processing | | | | | |
| | I C Design | | | | | |
| | | | | | | |
| | Software | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

low mobility

high mobility

Des concentrations de points apparaissent à certaines intersections; les choix stratégiques consistent à déterminer quels équilibres devront être rétablis et quels secteurs devront être renforcés. Les actions menées doivent prendre en compte le fait que la mobilité verticale est beaucoup plus faible que la mobilité horizontale: l'acquisition ou le développement de nouvelles compétences est un processus long; la capacité à utiliser des connaissances de base dans un autre secteur d'application suppose un temps d'apprentissage beaucoup plus court.

Du point de vue structurel, la segmentation par discipline a été conservée au sein des laboratoires; une correspondance étroite a été établie entre les disciplines et les compétences (l'étude du comportement des matériaux appartient au domaine de la physique alors que les recherches sur les logiciels relèvent de l'informatique). Par ailleurs, chaque laboratoire développe des activités dans plusieurs disciplines dans le but de favoriser les synergies.

4 - Le rôle de l'organisation spatiale

L'organisation spatiale des firmes joue un rôle particulier dans la mise en place des stratégies d'organisation internes. Elle n'est pas seulement la traduction sur le territoire des recentrages qui ont lieu à l'intérieur de l'entreprise; elle intervient également au moment de l'élaboration des stratégies. En délimitant un cadre d'action, elle n'a pas seulement pour effet d'imposer des contraintes fortes à la réflexion stratégique et de limiter les possibilités de restructuration par l'inertie des localisations existantes, elle offre également des possibilités de réarticulation entre les différentes unités du groupe et permet d'établir de nouvelles synergies.

On observe ainsi dans les entreprises une interaction importante entre la dimension spatiale des stratégies d'organisation et la dimension structurelle.

L'organisation et la stratégie de l'entreprise en matière de localisation peuvent avoir des implications déterminantes sur son fonctionnement structurel. Ainsi, au sein du groupe Siemens, fortement concentré d'un point de vue à la fois structurel et géographique, la stratégie spatiale est actuellement remise en cause par les nouvelles possibilités d'implantation à Berlin et l'enjeu que représente cette localisation. La chute du mur de Berlin et l'ouverture des pays d'Europe de l'Est ont conduit le groupe Siemens à renforcer sa présence à Berlin; pour le moment cette action se limite aux activités de production et de distribution. La stratégie de

Siemens consiste à renforcer sa présence en rachetant ses partenaires d'Allemagne de l'Est, avec qui des relations avaient été conservées. Par ailleurs, des contacts avec l'Université Humbolt, située dans l'ancien Berlin-Est, ont été rétablis et formalisés. Dans ce contexte, l'implantation d'activités de R-D pourrait être envisagée pour établir une interaction plus forte entre la production, réalisée dans les unités déjà installées, et la recherche.

L'inertie des localisations et plus particulièrement le poids du passé peuvent exercer des contraintes fortes sur la mise en oeuvre de recentrages. Au sein du système de R-D du groupe Siemens, la répartition de l'activité par laboratoires est largement liée à l'histoire de la firme. Le laboratoire d'Erlangen, le plus ancien, a commencé à travailler dans des disciplines scientifiques fondamentales telles que la physique et les mathématiques; dans la nouvelle structuration de l'activité, il sera plus spécialement chargé des recherches sur les technologies de base. Le laboratoire de Munich, plus récent, a développé son activité dans le domaine de l'informatique et de l'intelligence artificielle et travaillera dorénavant plus particulièrement sur les technologies de systèmes.

Toutefois, l'organisation spatiale existante n'est pas seulement une contrainte, mais constitue également un élément de politique. Elle peut notamment permettre une ouverture stratégique. L'exemple de Berlin dans le cas de Siemens est explicite: son implantation à Berlin et ses relations partenariales avec des interlocuteurs à l'Est lui donnent aujourd'hui des possibilités et un avantage importants sur ses concurrents, face à l'ouverture du marché d'Europe de l'Est. De même la localisation du laboratoire de Princeton aux Etats-Unis constitue une possibilité d'ouverture du groupe sur le marché américain; par ailleurs ce laboratoire, bénéficie d'un environnement scientifique et technique de haute qualité, constitué notamment des laboratoires David Sarnoff, des laboratoires Bell, du MIT, des laboratoires Philips. Jusqu'à maintenant le laboratoire de Princeton fonctionnait de manière relativement isolée par rapport à l'ensemble du groupe; sa principale fonction consistait à adapter les produits allemands aux normes américaines. Les recentrages en cours prévoient une intégration plus forte de ce laboratoire dans le système de R-D de la firme, notamment par la réalisation de recherches complémentaires de celles des autres laboratoires centraux, valorisables dans l'ensemble du groupe Siemens et non pas appliquées uniquement à l'environnement américain.

De même dans le cas de Philips, l'implantation à Briarcliff Manor, près de New York, joue un rôle d'ouverture et de stimulation de l'activité du groupe. En effet, la participation des laboratoires Philips dans un des trois grands groupes de recherche sur les systèmes digitaux de TVHD² constitués par des entreprises et des universités dans la région Boston-New York, a été largement facilitée par sa localisation.

Le rôle d'outil joué par l'organisation spatiale de l'activité dans la mise en place des stratégies par les entreprises est également illustré par la restructuration actuelle de la compagnie Philips. La situation est presque inverse de celle observée dans le groupe Siemens: Philips réduit ses implantations géographiques alors que Siemens tend à les élargir.

En fait les deux stratégies ne sont pas opposées, les objectifs sont les mêmes: constituer une structure spatiale, d'une part, suffisamment étendue pour maximiser les opportunités d'interaction avec différents partenaires et d'acquisition d'informations scientifiques et techniques stratégiques et, d'autre part, relativement peu dispersée pour pouvoir en garder le contrôle et ne pas provoquer un éclatement de la masse critique à l'intérieur des laboratoires. Philips est un groupe fortement décentralisé d'un point de vue à la fois structurel et géographique, la réorganisation en cours remet en cause non seulement le fonctionnement spatial déconcentré mais aussi la localisation multiple du système de R-D. Notamment, le nombre de laboratoires centraux est passé de huit à cinq.

Dans le cas des deux entreprises Philips et Siemens, l'extension de la structure spatiale et notamment la localisation d'activités de recherche aux Etats-Unis a constitué un outil stratégique non seulement pour les firmes elles-mêmes mais également pour l'industrie européenne. En effet, Philips et Siemens ont été, avec AEG et GEC, les seules entreprises non-américaines qui ont introduit les innovations réalisées dans le secteur de électronique dans les années 1950 et 1960 (Hall et Preston, 1988).

²Trois groupes de recherche ont été constitués en 1991 et 1992, comprenant:

- le David Samoff Research Center, Philips Consumer Electronics et Thomson Consumer Electronics: les recherches seront effectuées au Centre David Samoff à Princeton et dans les laboratoires Philips à Briarcliff Manor (près de New York);

- Zenith Electronics, AT&T Bell Laboratories et AT&T Microelectronics;

- General Instrument et le Massachusetts Institute of Technology.

cf. The challenges of digital HDTV. IEEE Spectrum, avril 1991.

Dans le groupe Thomson, l'aspect stratégique du fonctionnement spatial et notamment du rapprochement géographique des activités de production et de développement a été concrétisé par l'implantation d'une unité nouvelle près de Grenoble pour la mise au point et la fabrication des écrans plats à cristaux liquides, dans laquelle sont rassemblées des compétences en conception et en production. Par ailleurs, de même que dans le cas de la compagnie Philips, Thomson bénéficie, du fait des conventions passées avec les laboratoires David Samoff, d'une localisation stratégique dans la région Boston-New York, qui facilite sa participation aux recherches sur les systèmes digitaux de TVHD.

Dans les grands groupes industriels à localisation multiple, le rôle d'outil de la structure spatiale est particulièrement mis en évidence lors de l'allocation des projets de R-D aux différentes unités du groupe. Parmi les différents critères pris en compte, la proximité géographique des partenaires est de plus en plus déterminante. Au sein de la compagnie Philips, on observe une tendance à choisir les partenaires des "projets de transfert" en fonction de leur proximité; dans ce cas une structure territoriale large et diversifiée constitue un avantage stratégique par l'éventail des combinaisons possibles de localisation d'un projet.

Section 3 - Les stratégies partenariales

Le partenariat est devenu une "exigence nouvelle": l'entreprise, pour constituer les combinaisons les plus pertinentes, est amenée à "sortir du cadre trop étroit de sa propre organisation, telle que son histoire, même récente, l'a modelée, et à associer ses compétences propres avec celles d'entreprises complémentaires ou semblables, concurrentes ou non" (Morin et Seurat, 1989).

1 - Le besoin de partenariat

Le partenariat constitue un choix organisationnel stratégique pour les entreprises. Le besoin de partenariat qui s'exprime aujourd'hui se formule de différentes façons.

- le besoin de complémentarité: le partenariat est considéré non seulement comme un moyen de fournir à chaque participant les compétences qu'il n'a pas, mais également comme une forme d'organisation permettant de développer des synergies entre ces différentes compétences. Cet avantage offert par le réseau partenarial repose à la fois sur la dynamique combinatoire qui se développe au sein du réseau et sur la dimension cognitive de cette organisation.

Le processus combinatoire mis en oeuvre résulte du regroupement et de l'interaction entre plusieurs domaines scientifiques et technologiques, entre différentes fonctions et services, entre des partenaires ayant des comportements et des objectifs différents. Il est nécessaire pour l'aboutissement de ce processus qu'une certaine complémentarité existe entre ces différents éléments. La dimension cognitive de l'organisation permet de tirer parti des complémentarités et de les renforcer à partir des phénomènes d'apprentissage collectif et d'accumulation des connaissances et des informations.

L'ouverture apportée par le partenariat permet des complémentarités non seulement au niveau de la conception des technologies, mais aussi du point de vue des différentes applications possibles: par l'intermédiaire du partenariat, le patrimoine technologique d'une entreprise peut être valorisé dans d'autres domaines d'activité.

- le besoin d'échange: le partenariat en R-D se développe non seulement pour mettre des fonds en commun mais aussi pour faciliter l'échange, ce qui suppose de posséder une "monnaie d'échange". Par l'intermédiaire du partenariat, une firme a

la possibilité d'utiliser les développements technologiques réalisés à l'extérieur pour mettre au point des innovations qui constitueront, à leur tour, cette monnaie d'échange. L'avantage que procure cette avance technologique dans l'échange, constitue un facteur important d'innovation.

- l'accès à la technologie: le développement de la R-D interne constitue une des principales stratégies d'accès à la technologie (Durand, 1988). Toutefois, des déficiences sont apparues à ce niveau d'action du système de R-D, qui ont amené les entreprises à utiliser d'autres sources de technologie (acquisitions de sociétés, joint-ventures...); pour pallier à ces insuffisances, les stratégies de R-D tentent d'élargir les modes d'accès à la technologie au-delà de la seule R-D interne par la mise en place de coopérations.

- le partage des coûts et des risques: l'augmentation des coûts de R-D conduit à réaliser des investissements, qui peuvent de moins en moins être pris en charge par une seule entreprise. Le partenariat permet également de réduire les coûts d'information. Mais, plus particulièrement, le risque que les entreprises cherchent à minimiser par l'établissement de réseaux de partenariat, concerne les coûts d'irréversibilité. Ces coûts apparaissent le plus souvent dans des organisations verticalisées et cloisonnées dans lesquelles les possibilités de réorientation des programmes de recherche ou de leurs applications sont très limitées. Le comportement des entreprises dans ce cas consiste à amortir les investissements réalisés plutôt que de modifier les orientations technologiques. Dans les organisations partenariales les coûts d'irréversibilité sont répartis entre les participants (Gaffard, 1990b).

- le besoin de "stabilité": la notion de stabilité dans les relations partenariales recouvre plusieurs aspects. Il s'agit d'abord de réduire l'incertitude en établissant, entre les intervenants, des relations inscrites dans le temps, dans le moyen ou le long terme. La durée de ces relations, contractuelles et informelles, peut être réelle ou potentielle. La stabilité et la réduction de l'incertitude sont également rattachées à la notion de maîtrise de l'environnement scientifique; or, l'organisation partenariale permet d'assurer une fonction de veille technologique par les possibilités d'accès à l'information que procure la rencontre entre plusieurs interlocuteurs.

Cette stabilité est toutefois relative dans la mesure où l'établissement de réseaux de partenariat répond à un objectif de flexibilisation, qui s'accompagne d'une certaine souplesse de fonctionnement et notamment de la possibilité de renouvellement rapide des combinaisons de compétences mises en oeuvre et des contacts établis.

2 - Le réseau partenariat

Les réseaux de partenariat en matière de recherche et d'innovation recouvrent plusieurs types d'activités et prennent des formes multiples. Compte tenu de cette diversité, tant au niveau des structures que des contenus, il semble difficile de donner des caractéristiques générales. Toutefois, des tendances communes ont pu être mises en évidence au sein des trois groupes industriels observés.

Les organisations partenariales mises en place varient fortement en fonction du niveau de R-D. L'analyse réalisée ici s'appuie sur des observations faites dans l'industrie électronique.

- au niveau de la recherche de base, les réseaux de partenariat sont établis essentiellement avec les universités et les centres de recherche publics. Dans le cadre des grands programmes européens et gouvernementaux, ils incluent également des laboratoires industriels. Le réseau partenarial avec l'université a pour but d'utiliser la recherche fondamentale pour accroître la compétitivité des entreprises. Ce partenariat se caractérise par une relative stabilité des relations: compte tenu des temporalités propres au secteur de la recherche, réduire ces relations risquerait d'amputer le développement futur et les accroître constitue une charge qui peut s'avérer plus tard difficile à supporter. Le comportement des entreprises dans ce domaine met en évidence l'aspect stratégique du partenariat avec le monde scientifique.

Les relations entre les partenaires prennent la forme d'accueil de stagiaires et de thésards par les entreprises et de contrats bilatéraux ou à partenaires multiples. Les contrats bilatéraux établis entre un chercheur de l'entreprise et un chercheur ou enseignant-chercheur du secteur public sont en général liés à des relations personnelles; les contrats à partenaires multiples sont plus souvent établis dans le cadre des programmes de recherche gouvernementaux et européens. Ces différents contrats, établis sur un sujet précis ou un projet bien délimité, sont d'une durée

moyenne relativement courte (trois ans chez Siemens), mais ils sont facilement renouvelés, ce qui contribue à mettre en place un partenariat à long terme. En ce qui concerne Siemens, cette perspective à long terme est formalisée avec les universités de Munich et de Berlin par des conventions générales. Dans le cadre de ces conventions, des projets sont élaborés tous les trois ans, financés pour une large part par Siemens. Un comité de gestion spécifique, composé pour moitié de membres appartenant à Siemens et de membres de l'université, se réunit deux fois par an pour suivre l'évolution des recherches.

- dans le cas de technologies émergentes, telles que celles qui sont actuellement étudiées pour la mise au point des écrans plats à cristaux liquides, la structure des réseaux de partenariat se caractérise par un nombre relativement important de participants comprenant des organismes publics et privés. Des unités internes du groupe interviennent également comme partenaires du réseau. Ainsi, Thomson-LCD, unité du groupe Thomson spécialement chargée de la mise au point des écrans plats, a constitué un réseau partenarial dont les principaux acteurs sont: le LETI, Laboratoire d'Electronique, de Technologie et d'Instrumentation du CEA, le CNET, un organisme de recherche américain et le LCR, Laboratoire Central de Recherche de Thomson. Ces interlocuteurs sont essentiellement des organismes de recherche. Des efforts sont faits pour développer des relations avec des fabricants de matériel de production dans le but de les intégrer le plus en amont possible du processus. La mise en place d'une stratégie partenariale dans ce domaine se heurte au manque de partenaires, du fait du caractère nouveau des équipements demandés; des relations commencent cependant à se mettre en place avec notamment deux entreprises en Allemagne et en Suisse.

Les relations entre les partenaires sont formalisées par des contrats établis pour une durée moyenne de quatre à cinq ans. Toutefois une part importante des échanges se développe dans un cadre informel, le plus souvent à partir de contacts personnels entre les chercheurs. Les rapports entre les participants sont en général assez équilibrés, les programmes sont essentiellement définis au cours de négociations.

- dans le cas de technologies en phase de maturité, on observe, au niveau du réseau partenarial, une relation plus étroite avec le marché et une distance plus grande avec les activités de recherche amont. Le cas des ASIC est particulièrement explicite: la mise au point de ces circuits est prise en charge par des réseaux composés du client

et d'interlocuteurs internes plus ou moins nombreux selon la forme du processus de conception-développement mis en place dans les entreprises; ceux-ci sont en général peu impliqués dans la recherche de base.

Les clients sont le plus souvent des grandes entreprises avec qui les relations ne se limitent pas à des échanges client/fournisseur, mais prennent la forme de coopérations technologiques. Le degré d'intégration de ces relations varie fortement selon le niveau de compétence du client, celui-ci participant plus ou moins à la conception du circuit. La tendance générale est de faire intervenir l'utilisateur le plus en amont possible; en effet, compte tenu de la complexité croissante des circuits spécifiques, il devient de plus en plus difficile d'établir les spécifications de ces circuits; or, des relations partenariales étroites réduisent le besoin de formalisation et de codification de l'activité et limitent les risques d'erreur dus à une évolution des spécifications au cours du processus de développement ou à un manque de précision.

3 - La dimension spatiale des stratégies de partenariat

Les mouvements de polarisation et de dispersion qui ont lieu au sein des groupes industriels sont fortement liés à la mise en oeuvre de stratégies partenariales. Un des principaux objectifs poursuivis par la mise en place de réseaux de partenariat est de maximiser l'acquisition d'informations scientifiques et technologiques; l'accès à ce type d'information est essentiel à la fois pour exercer une veille technologique et pour mettre en oeuvre les interactions et les synergies à l'origine de la création de connaissances nouvelles.

L'insertion spatiale des réseaux de compétences s'effectue selon différentes modalités. Les deux formes types de configurations spatiales retenues ici correspondent aux deux grandes tendances de localisation des activités de R-D au sein des firmes (Paché, 1991): le regroupement sur un site géographique est plus particulièrement lié à une volonté des entreprises de rapprocher physiquement leurs centres de recherche de partenaires externes tels que les universités, les laboratoires publics ou d'autres laboratoires industriels; l'espace de transaction au sein d'un réseau, répond plutôt à la volonté de localiser les laboratoires des entreprises soit près d'une unité de production soit près du siège social de la firme, les relations avec les organismes de recherche étant réalisées à distance.

a) Le site géographique: cette forme de localisation de plusieurs partenaires sur un même lieu recouvre différentes réalités. Le site géographique peut être constitué soit par le regroupement de plusieurs types d'organismes de recherche et développement indépendants soit par le rapprochement de plusieurs unités d'une même entreprise: laboratoires et équipes de R-D, usines de production, unités de marketing.

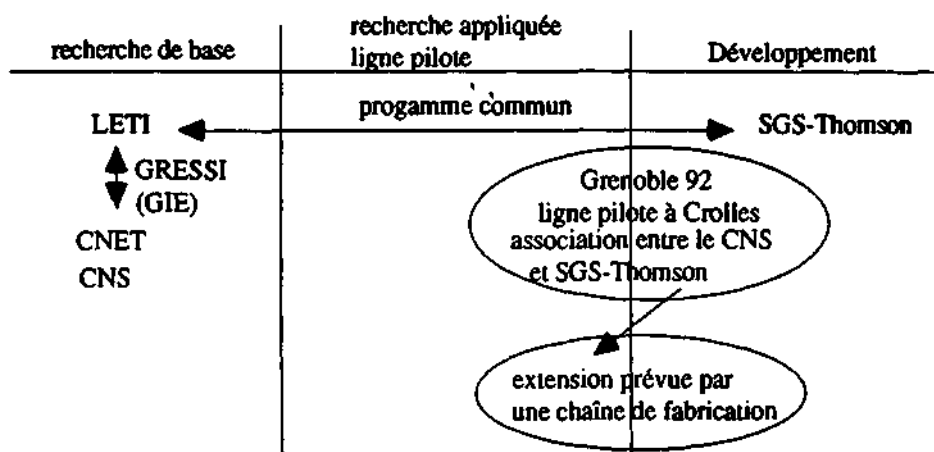
Un des objectifs de l'agglomération d'activités de recherche et de développement réalisées par des institutions différentes, sur un même site géographique, est de permettre la constitution d'un environnement favorable à la création de nouvelles technologies. Le regroupement géographique est un moyen efficace de favoriser les contacts et d'accroître la rapidité des échanges; il permet également d'éviter la duplication des recherches. Les milieux innovateurs, souvent appelés technopoles ou parcs scientifiques, offrent ce type d'avantages; ils permettent notamment de rassembler des personnels scientifiques de haute qualification. Parmi les différents types d'échanges et de contacts, ceux établis entre les universités et les centres de recherche industriels, constituent un élément déterminant pour le succès des processus d'innovation. Ces relations, difficiles à gérer, sont mal maîtrisées par les entreprises aujourd'hui et se déroulent essentiellement de façon informelle; dans ce contexte, la proximité géographique joue un rôle essentiel.

De tels pôles de compétences sont caractérisés non seulement par leur dimension spatiale mais également par l'aspect temporel des relations qui les constituent; celles-ci s'inscrivent dans la durée et dans une dynamique de long terme. La région grenobloise, marquée par une tradition de coopération entre l'industrie et l'université qui a débuté dans les années 1930 dans le secteur de la construction électrique, constitue un exemple d'espace dans lequel se développent des processus d'apprentissage collectifs et des réseaux d'innovation dans le long terme (Gaffard, 1990b).

L'implantation de Thomson dans cette zone est liée à cette caractéristique. Ainsi, SGS-Thomson créé en 1987 à Grenoble est aujourd'hui intégré dans un pôle scientifique et technique dans lequel ses principaux interlocuteurs sont le LETI, le CNET et le Centre Norbert Segard du CNET. La formalisation des relations a lieu de différentes façons, par la mise en place d'un Groupement d'Intérêt Public entre le LETI, le CNET et le CNS, par l'établissement de projets communs de R-D, notamment entre SGS-Thomson et le LETI, par le programme de mise en commun

d'équipements, "Grenoble 92", associant le Centre Norbert Segard et SGS-Thomson pour l'utilisation commune d'une ligne pilote et la construction d'une chaîne de fabrication. Les coopérations sont établies au même niveau de recherche ou entre des niveaux différents.

Les relations entre SGS-Thomson et les organismes de R-D situés dans la région de Grenoble



L'avantage de la proximité spatiale est également utilisé dans le but de supprimer les cloisonnements entre différentes unités d'un même groupe industriel, notamment entre des unités de production et des équipes de R-D travaillant sur les mêmes produits ou processus. La décision de construction d'une unité de développement telle que Thomson-LCD et la prévision d'implantation d'une usine de production sur le même site sont guidées par la volonté d'utiliser cet avantage de la proximité géographique. La mise en place de centres de compétences internationaux dans le groupe Philips est basée sur le même objectif de décroisonnement par le rapprochement spatial des fonctions de R-D, production et marketing. Les changements de structure réalisés ont amené à déplacer et à intégrer des équipes de pré-développement et de développement dans les unités de production.

b) L'espace de transaction: les relations entre l'entreprise et ses partenaires, au sein de l'espace de transaction, se développent dans un cadre géographique différent, plus difficile à délimiter. Dans l'espace de transaction, la dimension temporelle recouvre un aspect différent: l'accent est mis davantage sur la maîtrise du temps et moins sur la durée.

La dimension spatiale de l'espace de transaction pourrait être déterminée par la localisation des différents intervenants. Toutefois, délimiter géographiquement cet

espace ne suffit pas pour le définir. Il est essentiel de considérer sa dimension temporelle; celle-ci se caractérise non seulement par une proximité dans le temps mais aussi par une maîtrise des délais entre les partenaires (délais de transport des produits et des personnes et délais de réponse aux demandes des partenaires). Dans de tels réseaux, la maîtrise du temps peut parfois amener à considérer l'éloignement géographique comme un avantage: certaines relations à distance permettent de conserver une certaine confidentialité, particulièrement importante dans des activités de recherche (cas de Thomson-LCD).

L'évolution vers différents types de configuration spatiale en réseau est favorisée par l'amélioration des moyens de communication et de transport et par l'informatisation des échanges. Cette forme d'organisation dans l'espace pose des problèmes nouveaux d'articulation et de gestion de cet espace. De tels problèmes apparaissent au sein des grands groupes industriels qui, dans le cadre de leur restructurations, ont tendance à centraliser la recherche de base et à décentraliser les activités de recherche appliquée et de développement. Ils sont amenés à gérer un dispositif de R-D constitué d'unités internes à la firme mais également des partenaires externes de chacune de ces unités, celles-ci étant le plus souvent dispersées géographiquement mais liées par des relations étroites.

Ainsi, par exemple dans le groupe Siemens, un nouvel "espace de R-D" se construit par le renforcement de la présence du groupe à Berlin et l'intégration plus forte du laboratoire de Princeton au sein du système central de recherche de la firme. Le réseau qui se forme englobe des relations avec de nouveaux interlocuteurs externes (l'université de Berlin-Est par exemple). De même, dans le groupe Philips, l'intégration des cinq laboratoires centraux dans un système polarisé autour du Nat Lab aux Pays-Bas redéfinit l'espace de R-D du groupe et modifie les structures partenariales mises en place par chaque laboratoire dans son pays d'implantation; progressivement, une nouvelle configuration spatiale du réseau d'activités de R-D apparaît.

Un autre type d'espace de transaction se constitue actuellement pour la prise en charge du processus d'innovation des écrans LCD; cet "espace d'innovation" n'est pas centré sur une entreprise. Il inclut différents organismes; actuellement il s'agit des entreprises Thomson-LCD, Philips et Sagem, et d'un centre de recherche, le CNET. Il réunit ainsi différentes fonctions, de R-D, de marketing, de production et de vente.

Chapitre 2

Les moyens : gestion des compétences et gestion par projet

Les stratégies d'organisation élaborées récemment au sein des entreprises, concernant tant l'organisation interne que les réseaux de partenariat, sont basées sur l'établissement de relations entre les différentes composantes du processus global de conception-développement-production. Le principal objectif est non seulement de réduire le temps du cycle de développement allant de la conception jusqu'à l'industrialisation mais également d'y intégrer la dimension innovation. Il s'agit de mettre en place une gestion des projets qui non seulement prenne en compte la phase amont de recherche de base mais également permette tout au long du processus de développer l'innovation. Une telle forme de gestion aura en particulier pour effet de supprimer les cloisonnements établis par l'organisation verticale et hiérarchisée qui caractérise encore la structure de la plupart des grands groupes industriels.

Pour répondre à cet enjeu, les entreprises disposent de différents moyens de gestion et d'organisation de l'activité. Deux principaux types de gestion sont mis en place concernant, d'une part, les compétences humaines et, d'autre part, le cycle de développement des produits et des processus.

Nous tenterons tout d'abord d'analyser comment la gestion des ressources humaines peut faciliter les échanges entre la R-D et les autres fonctions de l'entreprise et permet de maîtriser la gestion des enchaînements d'activités au sein du processus d'innovation. La gestion des personnels de R-D est particulièrement difficile à réaliser compte tenu de la nature de l'activité de recherche et notamment de la difficulté d'orienter l'activité des chercheurs tout en maintenant leur motivation; elle est également difficile pour des raisons liées à un autre type de contrainte concernant les préférences des ingénieurs et scientifiques en matière de localisation. Les politiques mises en oeuvre varient d'une entreprise à une autre, de l'établissement d'une gestion spécifique des chercheurs à l'articulation ou l'intégration de la gestion des scientifiques et ingénieurs de recherche avec celle de l'ensemble du personnel de la firme.

Nous considérerons ensuite la mise en place de la gestion par projet. Nous analyserons les opportunités qu'elle offre dans le cas des activités de R-D et en particulier pour leur articulation avec le reste de l'entreprise. Notamment, le fait que la gestion par projet soit basée sur l'idée de gestion de cycles et non de fonctions, autorise à concevoir des modes de gestion allant au-delà de la gestion séquentielle des tâches. Cependant, la gestion par projet répond à une logique économique; l'objectif principal n'est pas de gérer l'innovation mais de respecter des contraintes de délai, de qualité, de rentabilité. Il en résulte certaines difficultés d'application de ce type de gestion aux activités de R-D; nous porterons une attention particulière sur les questions fondamentales qui se posent du point de vue de la recherche de base.

Section 1 - L'implication des chercheurs dans le processus d'innovation : le rôle de la gestion des ressources humaines

Compte tenu de son évolution la gestion des ressources humaines constitue de plus en plus un moyen d'agir sur l'organisation de l'entreprise et notamment sur le rapprochement entre la R-D et les autres fonctions.

La transformation de la fonction "Personnel" en fonction "Ressources Humaines" recouvre un changement de perspective et de pratiques. Le personnel n'est plus perçu comme une source de coûts qu'il faut minimiser mais "comme une ressource dont il faut optimiser l'utilisation". Dans les années 80, la gestion du personnel était marquée par son aspect quantitatif et traitait essentiellement de problèmes d'effectifs et de réduction de la masse salariale; dans les années 90, les entreprises mettent en place une gestion des ressources humaines plus qualitative, orientée vers des problèmes d'acquisition et de développement des compétences nécessaires à l'entreprise (Peretti, 1990).

L'évolution de la fonction Ressources Humaines se situe à plusieurs niveaux¹. Tout d'abord en ce qui concerne son statut, elle représente un nouveau pouvoir rivalisant avec les autres directions (financière, technique ou commerciale); mais elle constitue également un service subordonné aux autres fonctions de l'entreprise et, à ce titre elle est largement sollicitée par les autres composantes de la firme pour répondre à différents problèmes de fonctionnement et d'organisation. Ensuite du point de vue de sa forme, elle n'est plus une fonction linéaire se limitant à la gestion administrative du personnel et relevant essentiellement de la rémunération, elle est devenue complexe; elle relève de disciplines variées et se trouve confrontée à des problèmes nouveaux. Enfin la fonction Ressources Humaines a un rôle de plus en plus stratégique dans l'entreprise; elle adopte une vision dynamique des ressources qu'elle a à gérer, notamment par la maîtrise du processus de planification, la mise en oeuvre et le contrôle des actions réalisées.

Dans le domaine de la recherche, la gestion des ressources humaines est confrontée à certaines particularités liées à la fois à la nature de l'activité et au comportement et pratiques propres aux personnels de R-D. L'activité de recherche supporte mal d'être contrainte de façon directe: imposer des délais, donner des directions de

¹H. Van Eeckhout, préface de *Gestion des ressources humaines*. J.M. Peretti. 1990. Paris: Vuibert.

recherche strictes sur les méthodes et les contenus ne garantit pas une augmentation de la productivité des chercheurs. Des moyens d'action différents mais souvent plus difficiles à mettre en oeuvre, tels que la motivation pour les recherches engagées, doivent être privilégiés. Une autre particularité importante de la gestion des chercheurs est liée aux préférences des ingénieurs et scientifiques en matière de situation géographique; cet élément influe largement sur l'organisation spatiale des activités de R-D,

La gestion des ressources humaines, à la fois du fait de son nouveau rôle et de ses particularités dans le secteur de la recherche, dispose de moyens d'action importants sur le fonctionnement de l'entreprise. Notre étude est centrée sur le rôle de cette fonction dans la mise en oeuvre du processus d'innovation. Nous tenterons tout d'abord de cerner les enjeux auxquels elle doit répondre, puis de comprendre comment elle permet d'impliquer le personnel de R-D dans le processus d'innovation.

1 - Les enjeux de la gestion du personnel de R-D dans la mise en oeuvre du processus d'innovation

Les objectifs en matière de gestion du personnel de R-D sont fortement marqués par les enjeux liés au développement de l'innovation technologique, notamment par le rapprochement de la R-D et du marché et le décloisonnement entre les fonctions de l'entreprise. Ceci se traduit d'une part, par une plus grande implication du personnel reposant sur un changement de perspective dans la conception que chacun a de son activité au sein de l'entreprise, et d'autre part, par l'élaboration de politiques de mobilité élargissant le cadre d'évolution du personnel dans l'entreprise.

a) La motivation et la stimulation des chercheurs

L'enjeu pour les entreprises en ce qui concerne la motivation des chercheurs consiste davantage à orienter les motivations qu'à les susciter. En général, les chercheurs sont motivés, le problème est de les motiver sur les objectifs stratégiques de l'entreprise. Ce problème est particulièrement évident lorsqu'il s'agit d'arrêter un projet de recherche; dans ce cas, supprimer les financements ne suffit pas, les chercheurs se procurent d'autres moyens de financement leur permettant de

poursuivre leur recherches; la plupart du temps, la solution consiste à démanteler l'équipe².

La motivation du personnel n'est plus uniquement liée à des considérations financières. D'une part, les entreprises ont à faire face à des difficultés économiques et financières qui limitent leurs possibilités en matière de rémunérations, mais surtout les réorganisations actuelles basées sur une vision plus transversale de l'entreprise conduisent les individus à considérer leur tâche dans un horizon plus large, supposant une implication plus grande du personnel dans l'activité globale de l'entreprise. D'autre part, pour répondre à l'aspiration croissante d'enrichissement et d'évolution du personnel, la gestion des ressources humaines ne peut pas avoir recours uniquement à un renouvellement de la politique des salaires.

L'implication constitue une des idées force du management des ressources humaines. Elle prend un aspect particulier dans le domaine de la R-D, et différencié selon qu'il s'agit de chercheurs ou de personnels de développement. Il semble plus facile de mobiliser des ingénieurs de développement intervenant à un stade du processus où le produit est déjà défini que des chercheurs qui interviennent en amont de ce processus. Par ailleurs, d'un point de vue structurel, les ingénieurs de développement sont situés dans les divisions et sont donc plus proches du marché et plus concernés par des objectifs industriels et commerciaux; mais surtout le cloisonnement traditionnel et la logique de production qui dominent encore dans les entreprises a souvent écarté les chercheurs des préoccupations majeures de l'entreprise. Plus souvent motivés par leur projet personnel que par celui de l'entreprise, il leur est plus difficile d'accepter le changement de culture qui a lieu actuellement dans les entreprises.

L'implication du personnel au sein de l'entreprise est un problème particulièrement délicat du fait de sa forte composante relationnelle. Il est difficile de construire les relations et de mobiliser les compétences qui permettront d'utiliser le plus efficacement possible les diverses ressources dont dispose l'entreprise. Favoriser l'implication des chercheurs dans l'activité globale de l'entreprise est difficile à réaliser compte tenu des caractéristiques de cette catégorie de personnel; en effet, les chercheurs accordent une certaine importance à la tolérance mutuelle vis à vis

² Entretien avec Ira Jacobs, Professeur en Electronique au Virginia Polytechnic Institute and State University, ex-Director of the Transmission Technology Laboratory aux Laboratoires Bell.

des positions divergentes et acceptent mal d'être obligés de suivre des vues trop conformistes; or, développer l'implication suppose d'accepter certaines contraintes. Toutefois, les chercheurs demandent à être reconnus pour leur utilité au sein de l'entreprise; ce qui les amène à s'impliquer de plus en plus dans le projet de l'entreprise.

Les politiques d'implication mises en place dans les entreprises reposent à un niveau global, sur l'identification de leur culture interne qu'elles s'efforcent de faire partager à l'ensemble du personnel; dans ce but, on observe de la part des dirigeants un effort d'information du personnel et une plus grande transparence des objectifs de l'entreprise et de son organisation. Cependant ce type d'action n'est pas suffisant; l'implication passe également par une démarche au niveau des individus. On voit ainsi se mettre en place une gestion des carrières prévisionnelle, individualisée et collective, qui non seulement permet à chacun de s'exprimer en ce qui concerne l'évolution de sa carrière, mais prend en compte ces souhaits pour élaborer des objectifs collectifs. Il s'agit de permettre aux individus de prendre conscience de leur place dans l'organisation de la firme et du rôle qu'ils ont à jouer dans la mise en oeuvre du projet global de l'entreprise.

b) La mobilité des chercheurs et le renouvellement des compétences

La mobilité des chercheurs est devenue un élément clé de la performance de l'entreprise; elle est nécessaire à la fois pour renouveler les idées et pour transférer les connaissances. Le renouvellement des idées passe notamment par l'embauche de nouveaux chercheurs, ce qui suppose, dans le contexte actuel de stabilité des effectifs, d'accélérer les mouvements et de favoriser les départs. Quant au transfert de connaissances, dans le domaine de la recherche en particulier, il est fortement lié au transfert des hommes qui détiennent ces savoirs; un des problèmes essentiels, en ce qui concerne la mobilité interne, est de réussir les mutations, c'est-à-dire non seulement de favoriser le départ de chercheurs qui ne sont plus productifs dans leur poste mais aussi de trouver la place qui permettra de valoriser ces connaissances.

Ce mouvement permanent et continu a un aspect stratégique: d'une part, il constitue un facteur déterminant dans la mise en oeuvre de la dynamique combinatoire favorable à l'innovation, du fait des différents contacts qu'il favorise et des nouvelles mises en perspectives qu'il suscite; d'autre part, il permet la mise en oeuvre du processus d'apprentissage de l'organisation: les individus, qui occupent des postes

différents et ont à faire face à des situations nouvelles, mais en continuité avec leur activité passée, sont mis en situation d'apprentissage de l'activité et du fonctionnement de la firme; il participe également à la formation des individus en développant les échanges informels qui permettent de tirer bénéfice de l'expérience des autres.

Mais la mobilité des chercheurs est un objectif ambigu. D'une part, la mobilité accroît la productivité du chercheur: un changement d'environnement, des contacts avec d'autres disciplines, des approches différentes du même sujet favorisent l'innovation; ainsi, le rapport Farge faisait remarquer que "la productivité d'un chercheur, en moyenne, ne décroît pas avec l'âge mais en fonction du temps passé sur un sujet ou dans un laboratoire". D'autre part, un turn over trop important est nuisible: la recherche est une activité à long terme et un chercheur n'est productif qu'après une période d'apprentissage et d'assimilation, variable selon les individus et les domaines.

Une mobilité mal gérée se traduit par un gaspillage de connaissances et de compétences. Il en résulte une nécessité croissante de mettre en place une gestion plus rigoureuse de la mobilité permettant de planifier, orienter et contrôler les mouvements des chercheurs, en cohérence avec la mobilité de l'ensemble du personnel de l'entreprise. Cette nécessité d'harmonisation au sein de l'entreprise amène les responsables des ressources humaines à remplacer progressivement la gestion de la mobilité faisant référence à des changements à court terme, par un pilotage de carrières qui suppose une orientation continue des individus et une vision à moyen terme de l'évolution globale des carrières dans la firme.

Les perspectives d'évolution des chercheurs au sein de l'entreprise s'élargissent, tant du point de vue du contenu que du lieu de leur activité. La carrière d'un chercheur ne se déroule plus uniquement au sein du laboratoire de recherche, un changement d'activité ne passe plus nécessairement par la démission. Les entreprises sont amenées à créer un marché de l'emploi interne; il s'agit toutefois d'un marché particulier reposant sur un fonctionnement du type réseau partenarial plutôt que sur une confrontation classique entre l'offre et la demande. On assiste ainsi progressivement à la mise en place d'une relation de partenariat entre l'entreprise et son personnel, dont l'objectif est de valoriser chacun en fonction de son apport et de ses compétences. Dans ce contexte, le pilotage de carrières acquiert un aspect d'autonomie et d'initiative personnelle, qui remplace peu à peu

l'idée d'adaptation nécessaire et parfois forcée aux objectifs et aux intérêts de la firme, qui caractérisait jusqu'à maintenant la gestion de la mobilité (Peretti, 1990).

Par ailleurs, considérée dans le sens de pilotage de carrière et de mise en place d'un partenariat entre l'entreprise et son personnel, la gestion de la mobilité répond également à l'objectif de stimulation du personnel et favorise l'implication des individus.

c) Les préférences des chercheurs en matière de localisation et l'organisation spatiale des activités de R-D

Les ingénieurs et scientifiques expriment une large préférence pour les localisations urbaines. L'accès aux moyens de transport constitue un facteur important dans la mesure où les opérations de recherche sont de plus en plus réalisées en coopération avec plusieurs partenaires et où les rencontres internationales (conférences, colloques...) constituent une partie essentielle de l'activité des chercheurs. Il en résulte une utilisation croissante des moyens de transport et une forte exigence quant à leur accessibilité. La présence d'universités ou de centres de recherche est également essentielle; elle permet l'accès à l'information. L'accroissement des opportunités d'emploi et de mutation est un autre élément déterminant. Il concerne non seulement les chercheurs eux-mêmes mais également leurs conjoints. On observe en effet, au sein de cette population, une augmentation du nombre de couples de chercheurs.

Les préférences des chercheurs sont connues et prises en compte par les dirigeants d'entreprises bien qu'elles soient souvent en contradiction avec les critères de localisation définis par la stratégie de l'entreprise. La décentralisation des activités de recherche amène à installer des services de R-D à proximité des unités de production, très souvent localisées dans des zones périphériques ou éloignées des centres urbains.

Cependant les préférences des chercheurs jouent un rôle important dans les décisions de localisations et les dirigeants d'entreprise ont tendance à favoriser la localisation des activités de recherche dans les centres urbains, notamment de la recherche de base. Elle leur permet, d'une part, de bénéficier d'un marché plus large de personnel scientifique et technique de haute qualification et, d'autre part, de pouvoir retenir leurs meilleurs chercheurs. Ce dernier objectif est toutefois plus

difficile à atteindre dans la mesure où la localisation en milieu urbain attire et retient les chercheurs mais également leur offre des opportunités plus grandes de transfert dans une autre entreprise ou dans un laboratoire public; de tels mouvements existent à tous les niveaux de la hiérarchie: le directeur des laboratoires David Sarnoff était précédemment directeur des laboratoires Siemens (les deux laboratoires sont localisés à Princeton).

Il est particulièrement important pour les entreprises d'avoir la capacité d'attirer et de retenir leurs meilleurs ingénieurs et scientifiques; cette capacité détermine largement le succès des programmes de R-D mis en oeuvre. Certaines entreprises ont été amenées à déplacer leur centre de recherche pour retenir leurs chercheurs; c'est le cas de Solvay dont un des laboratoires installé dans l'Indiana aux Etats-Unis hors d'une zone urbaine a dû être transféré à Indianapolis. La localisation des activités de R-D jouant un rôle essentiel dans le degré d'attraction des chercheurs, leurs préférences en matière de situation géographique sont déterminantes dans les décisions d'implantation territoriale des laboratoires et des centres de recherche prises par les dirigeants d'entreprise.

Dans ce contexte, on assiste à un renforcement de la concentration des activités de recherche dans les grandes agglomérations, la localisation des activités de recherche dans les zones urbaines satisfaisant à la fois les préférences des chercheurs et les intérêts des dirigeants d'entreprise.

2 - Les politiques mises en oeuvre par les Directions des Ressources Humaines

On assiste en ce qui concerne les pratiques de gestion des ressources humaines, à la mise en place de procédures visant à articuler la gestion des chercheurs avec celle de l'ensemble du personnel de l'entreprise, et parallèlement, au développement de modes de fonctionnement propres à la gestion du personnel de recherche. Il en résulte au sein des Directions des Ressources Humaines, des laboratoires et des unités opérationnelles, une meilleure connaissance des comportements et des modes de fonctionnement des autres secteurs de l'entreprise, qui conduit les responsables de la gestion des chercheurs à mieux cerner le besoin de spécificité et à l'intégrer dans la gestion des ressources humaines de l'ensemble de la firme.

a) L'articulation entre la gestion des chercheurs et celle des autres catégories de personnel: le cas de Philips.

Articuler les gestions de ces deux catégories de personnels permet de faciliter le passage de la phase de conception à celles d'industrialisation et de fabrication; mais elle a aussi pour but, en rapprochant les différents interlocuteurs du processus de conception-développement-production, de permettre l'intégration de l'innovation dans ce processus. Nous nous appuyons ici sur l'exemple du groupe Philips pour tenter de saisir cette évolution.

- les pratiques en faveur de la mobilité des hommes: la mobilité est un des principaux objectifs de la gestion des ressources humaines en particulier dans le secteur de la recherche, où elle est relativement faible. Au sein du groupe Philips on observe une volonté très nette dans ce domaine: d'une part, l'objectif est d'embaucher des débutants et de leur offrir des opportunités de carrière, et d'autre part, la recherche est considérée comme une première expérience et dès l'embauche les chercheurs sont encouragés à envisager un changement de poste dans trois à cinq ans. Ainsi, la mobilité constitue un élément central autour duquel doit s'organiser le système de gestion des ressources humaines.

. la mise en place d'une gestion prévisionnelle et d'un suivi individuel et collectif de l'ensemble du personnel de l'entreprise: la gestion des ressources humaines a été harmonisée, depuis deux ans, dans l'ensemble du groupe; elle est établie à partir d'un dossier individuel d'entretien et d'évaluation identique pour toutes les catégories de personnel. Ce dossier contient différents types de renseignements tels que la formation et l'expérience des individus mais aussi les aptitudes et les connaissances que l'intéressé possède et qu'il souhaite valoriser, ses souhaits d'évolution professionnelle et notamment son degré de mobilité. Au cours de l'entretien sont établis des objectifs d'évolution de carrière.

Le dossier d'évaluation est établi par la hiérarchie sur les compétences et les capacités des individus. A partir de ce dossier sont formulés des pronostics d'évolution à cinq ans ou plus, dans le même secteur ou dans un secteur différent, et des propositions de formation des intéressés. Ces prévisions qui constituent le matériau de base de la gestion prévisionnelle des ressources humaines, mettent en évidence deux grandes tendances de cette gestion:

- développer la polyvalence des fonctions au niveau de l'individu, d'une part, en essayant de définir différentes possibilités d'orientation dans son domaine d'expertise mais également dans d'autres domaines, et d'autre part, en lui proposant d'enrichir son expérience par l'utilisation de ses compétences dans les différents départements fonctionnels de l'entreprise; ainsi une bonne aptitude à la négociation pour un ingénieur de production peut-être utilisée pour d'autres fonctions telles que le commercial, les achats, les ressources humaines...
- établir un accord réel entre l'intéressé et la hiérarchie sur les besoins de formation dans l'optique de mise en oeuvre d'un plan de formation permettant de mobiliser de façon efficace les ressources humaines de l'entreprise.

Un organigramme prévisionnel annuel est élaboré dans chaque unité à partir de ce dossier d'entretien et d'évaluation.

. création d'un marché de l'emploi interne et mise en place d'un partenariat entre l'entreprise et son personnel: depuis environ deux ans, des listes de besoins et de ressources sont établies par toutes les unités du groupe; confrontées les unes aux autres, une fois par mois au cours de réunions entre les responsables des divisions^ produits, elles permettent de construire un marché de l'emploi interne facilitant le passage des individus d'un secteur à l'autre de l'entreprise et d'une fonction à une autre. Ces listes constituent un outil particulièrement utile pour le renouvellement des chercheurs; elles sont étudiées une fois par semaine par le comité de direction du laboratoire central. D'autres types de moyens sont utilisés pour faire fonctionner ce marché et favoriser la mobilité des chercheurs. Une information sur les offres d'emploi est accessible à tous, à partir du Minitel, et depuis un an, à partir d'un journal interne d'offres d'emplois distribué dans le groupe. Une information plus ciblée est diffusée par les responsables des ressources humaines en fonction, d'une part, des souhaits exprimés par chacun et, d'autre part, des besoins collectifs.

Parallèlement à ce marché interne, se développe un réseau de relations entre les personnes, fonctionnant sur la base de pratiques plus ou moins informelles, et dans lequel les responsables des ressources humaines jouent un rôle de régulateurs. Ainsi, du fait des liens qu'ils établissent avec leurs interlocuteurs dans les divisions-produits, les chercheurs sont souvent sollicités par celles-ci et demandent une mutation dans les services de développement de ces divisions. Dans une situation de ce type, la Direction des Ressources Humaines n'intervient pas, sauf lorsque par exemple un individu souhaite changer de poste mais hésite quant au lieu

ou au contenu de sa prochaine activité; les responsables des Ressources Humaines lui proposent alors de se rendre dans les divisions susceptibles de l'intéresser pour lui permettre d'établir lui-même des contacts.

La régulation ou l'intervention de la Direction des Ressources Humaines ont pour fonction d'assurer le fonctionnement de l'ensemble marché interne - réseau de relations; un responsable des ressources humaines habile doit comprendre à partir de quel moment il doit supprimer le nom d'un chercheur qui apparaît depuis trop longtemps sur les listes de ressources du laboratoire, pour écarter toute méfiance de la part des responsables des autres unités, quitte à le réintégrer ultérieurement.

L'ensemble de ces nouvelles pratiques de gestion des ressources humaines se traduit par la mise en place d'un réseau complexe de relations de partenariat entre l'entreprise et son personnel.

- les pratiques en faveur de l'homogénéisation des comportements: dans la période passée, du fait des cloisonnements qui existaient dans l'entreprise, la mobilité inter-fonction était relativement rare; le développement actuel de cette mobilité nécessite l'instauration de passerelles et de dispositifs de formation adaptés (Peretti, 1990). Les pratiques mises en oeuvre ont pour effet d'harmoniser les structures et leur fonctionnement mais aussi de favoriser une certaine homogénéisation des comportements.

. la formation des chercheurs à la gestion de projet: ce mode de gestion de l'activité a tendance à se généraliser à tous les secteurs de l'entreprise; il repose d'une part sur le regroupement au sein d'une équipe des différentes compétences réparties dans plusieurs départements et nécessaires à l'aboutissement du projet et d'autre part, sur le respect de plusieurs contraintes, notamment de délai, de coût et de qualité.

Ce type d'organisation de l'activité existe également dans le domaine de la recherche mais présente des difficultés quant à sa mise en oeuvre. Les exigences, en particulier en matière de délai et de coût, sont rarement respectées et les glissements, de délais notamment, sont fréquents.

Dans le but de sensibiliser les chercheurs à cette forme d'organisation, une formation spécifique adaptée à l'activité du laboratoire de Philips et des individus qui

vont la suivre a été décidée par les responsables du LEP. Elle concerne environ quarante chercheurs confirmés actuellement responsables de différents projets. Le principal objectif est d'apprendre aux chercheurs à planifier et à décomposer un projet en étapes mais aussi de les préparer à encadrer une équipe ou un service et à travailler dans des limites de temps et de budget; l'objectif est d'harmoniser les modes d'organisation du travail et les comportements pour, d'une part, favoriser la communication entre les interlocuteurs du processus global de conception-production-vente et, d'autre part, faciliter le transfert et l'adaptation des chercheurs dans d'autres secteurs.

. l'intégration de chercheurs comme experts dans les unités de développement: une grande partie des mouvements de chercheurs se fait vers les divisions-produits, dans les services de développement. Ces mouvements concernent un nombre relativement faible de personnes: une dizaine de chercheurs travaillent actuellement au sein de Philips Electronique Grand Public qui comprend environ cent ingénieurs de développement; l'intégration de ces chercheurs pose certains problèmes, en particulier lorsqu'il s'agit de raisonner en termes de produit et de se plier à des contraintes de délai de l'ordre de la semaine ou du jour.

Cependant, de telles mutations présentent des avantages importants tant pour l'organisation que pour les individus. Du point de vue de l'organisation, ces transferts ont pour but de favoriser la transformation des connaissances techniques en compétences industrielles. Les chercheurs occupent très souvent dans les services de développement, des postes de chef de projet ou d'expert; dans le cadre de ces activités ils sont souvent amenés à utiliser leur expérience et leurs connaissances, ce qui a pour effet notamment, de raccourcir les boucles de décision. Du point de vue des individus, d'une part, ces activités sont valorisantes dans la mesure où elles permettent une progression professionnelle; d'autre part, le passage par un poste d'ingénieur de développement, dont la durée moyenne est de cinq ou six ans, permet d'accéder à tout le réseau interne d'emplois, les transferts directs à partir de la recherche vers d'autres départements (de production notamment) étant difficiles à réaliser.

tri La gestion spécifique des chercheurs

- les principes de base

Compte tenu du caractère spécifique de la recherche, tant du point de vue de la nature de l'activité que du personnel qui l'exerce, la plupart des entreprises ont mis en place une gestion adaptée à la population des chercheurs. Cette spécificité des modes de gestion existe depuis plusieurs années; elle s'est progressivement développée parallèlement à l'augmentation de la taille des laboratoires de recherche dans les entreprises, mais elle a pris au cours des dernières années une ampleur particulière et a fait l'objet d'une formalisation dans la plupart des grands groupes industriels.

On voit ainsi se mettre en place différents systèmes de gestion des ressources humaines dits "de la double échelle" ou encore "des carrières parallèles". Ces systèmes, qui répondent à la nécessité de valorisation des qualités scientifiques des chercheurs, se développent en particulier dans les industries fondées sur la science, où la compétitivité d'une firme repose sur les progrès scientifiques et techniques qu'elle réalise et donc sur les compétences et les performances de son personnel de recherche.

Ceci a conduit les Directions des Ressources Humaines à mettre en oeuvre des mécanismes permettant des évolutions de carrière basées sur des critères scientifiques. Jusqu'au milieu des années 80, l'évolution professionnelle pour un chercheur supposait d'exercer, soit au sein du laboratoire soit à l'extérieur, des responsabilités de management et d'encadrement au détriment de son activité scientifique. Les systèmes de gestion adaptés aux carrières scientifiques permettent de promouvoir les chercheurs au sein de leur domaine scientifique.

Du point de vue de l'entreprise, ces systèmes visent à sauvegarder et à accroître les compétences scientifiques: ils permettent d'une part, de conserver les chercheurs les plus productifs en leur offrant des opportunités de carrière dans leur domaine scientifique et donc d'éviter le gaspillage de personnels hautement qualifiés, et d'autre part de stimuler la productivité de ceux qui souhaitent continuer à exercer une activité de recherche, en leur donnant des perspectives de progression et de qualification scientifique.

Toutefois, un des principaux problèmes qui se posent pour la mise en oeuvre de ces systèmes concerne l'évaluation du chercheur; celle-ci est très souvent réalisée à partir de critères académiques tels que les listes de publications, considérés comme inadaptés à la recherche industrielle. Dans les industries fondées sur la science, notamment dans la Chimie où l'activité de recherche est plus ancienne que dans le secteur de l'électronique, de telles méthodes d'évaluation avaient été abandonnées.(elles tendent actuellement à être réintégrées). De tels critères de valorisation ont l'avantage de favoriser les recherches de base mais parallèlement, ils impliquent une large diffusion des connaissances et posent le problème de la propriété industrielle et de l'attitude à adopter face à la concurrence.

- un exemple de système de gestion spécifique: la mise en place du Collège Scientifique et Technique au sein du groupe Thomson

A la fin des années 80, a été élaborée au sein du groupe Thomson, une politique de gestion des ressources humaines spécifique pour les chercheurs. La communauté scientifique a été regroupée au sein d'un Collège Scientifique et Technique, créé à la fin de l'année 1988. La création de cet organe a pour objectif d'assurer à ses membres des possibilités d'évolution de carrière dans la filière scientifique, en prenant en compte non seulement les fonctions de direction et les responsabilités prises par les individus, mais également leurs activités de recherche. Le système mis en place garantit aux chercheurs, membres du Collège, à la fois une évolution de carrière et des niveaux de salaire équivalents aux rémunérations obtenues dans des activités de management.

Les membres du Collège sont choisis dans les divisions et dans les laboratoires centraux. La volonté d'encourager l'entrée des chercheurs des divisions (ils représentent 80 à 90% des membres du Collège en 1993) répond au souci d'ouverture de la communauté scientifique du groupe Thomson et favorise l'interaction entre les scientifiques réalisant des activités de recherche de base et ceux qui exercent des activités de recherche appliquée et de développement. Cette politique a également pour effet de stimuler les chercheurs; elle renforce la concurrence pour les chercheurs des laboratoires centraux qui sont a priori les plus aptes à répondre aux critères de sélection scientifiques et elle encourage les chercheurs des divisions qui voient là une possibilité de promotion et de reconnaissance scientifique.

Le Collège comprend et gère des chercheurs et des directeurs de recherche, ces derniers, pour appartenir au Collège, devant poursuivre leur activité scientifique et non pas seulement assurer la direction des projets de recherche. Ce système se différencie de celui de la "gestion des carrières parallèles" par le fait qu'il s'applique à un nombre relativement restreint de scientifiques et non pas à tous les chercheurs; il comprend moins de 200 membres en 1993. La communauté membre du Collège évolue et se reproduit par cooptation; la volonté de limiter le nombre de membres répond au souci d'assurer une sélection et un certain niveau de qualité des chercheurs. Par ailleurs, ce système ayant pour effet de réduire la mobilité des chercheurs, il n'est pas souhaitable qu'il soit trop largement appliqué.

L'évaluation des chercheurs est faite à travers leur reconnaissance extérieure, c'est-à-dire, en ce qui concerne le secteur civil, à partir de critères académiques tels que les publications ou les interventions dans les colloques et, dans le domaine militaire, par comparaison avec les concurrents.

La mise en place du Collège Scientifique et Technique a pour objectif de constituer une communauté de chercheurs et de formaliser un niveau de recherche situé entre la recherche industrielle et la recherche universitaire.

Section 2 - L'intégration de l'innovation technologique dans les cycles de conception-développement : la gestion par projet

On voit se mettre en place actuellement dans les entreprises une gestion explicite des cycles de développement des produits dont le principal objectif est permettre une meilleure adaptation des produits et des processus à l'évolution de la demande. Un des principes de base de ces nouveaux systèmes de gestion est de sensibiliser le secteur du développement aux problèmes de production et de marketing. Ils se traduisent sur le plan de l'organisation par la mise en oeuvre d'une planification, d'un suivi et d'un contrôle des activités au sein du processus de développement des produits.

Ce pilotage s'applique en général aux activités qui se déroulent entre le moment où le produit est défini, matérialisé le plus souvent par la décision de développement prise par la Direction de l'entreprise, et celui où la production en série est lancée. On assiste actuellement dans les entreprises à une remontée de ce type de pilotage vers la phase de recherche; or, cette évolution fait apparaître des difficultés quant à la mise en oeuvre concrète de tels systèmes qui restent fortement caractérisés par les méthodes de gestion utilisées dans le secteur du développement et de la production sans prendre en compte réellement les caractéristiques et les enjeux spécifiques du secteur de la conception.

Les différents systèmes mis en place ont le mérite de planifier l'activité de conception-développement en articulant la stratégie à long terme établie par la Direction Générale et les décisions à court terme liées à l'activité quotidienne. Cependant cette démarche planifiée et structurée comporte, des faiblesses, notamment lorsqu'il s'agit d'intégrer la dimension innovation. Dans le contexte actuel, et en particulier dans les industries fondées sur la science où l'innovation est devenue un facteur de compétitivité, un des principaux enjeux est d'introduire cette variable dans le processus de mise au point des produits. Sur le plan de l'organisation la prise en compte de façon permanente de l'innovation dans le processus de conception-développement amène à se poser différentes questions quant à la réalisation concrète de cette intégration: l'innovation peut-elle être totalement intégrée au processus de développement et en constituer une dimension ou bien doit-elle faire l'objet d'un processus parallèle, le problème étant alors de déterminer à quel moment et par qui elle doit être introduite.

Derrière ces questions apparaît le problème de la relation avec la recherche, et plus précisément de l'intégration des activités de R-D dans le processus de développement. Dans ce contexte la gestion par projet est apparue comme un moyen de réaliser cette intégration et de faire en sorte que le processus de conception-développement devienne un véritable processus d'innovation.

1 - Les enjeux de la gestion par projet dans le secteur de la R-D

a^ Etablir une relation directe entre les ingénieurs et les scientifiques pour répondre à l'évolution constante des technologies

L'importance accordée actuellement à l'innovation, en tant que moyen de faire face à l'accroissement de la concurrence, se traduit par l'idée selon laquelle l'amélioration de la compétitivité et de la rentabilité des entreprises est de plus en plus liée à une intégration des développements techniques dans l'activité industrielle. Dans le contexte actuel où les technologies évoluent de manière permanente, ceci suppose de mettre en oeuvre les moyens d'intégrer de façon continue les nouvelles technologies dans les activités de conception et d'exploitation courante. Les difficultés quant à la réalisation concrète de cet objectif, découlent non seulement du caractère permanent et de plus en plus rapide de l'évolution technologique mais également de l'accroissement de la complexité technologique concrétisée par un renforcement de la spécialisation technologique et de la sophistication des techniques au sein des projets.

Un des moyens de faire face à ces difficultés est de faire travailler ensemble les scientifiques qui développent les nouvelles technologies et les ingénieurs qui vont les mettre en oeuvre.

Toutefois deux principaux problèmes apparaissent lorsqu'on réunit des scientifiques et des ingénieurs pour un travail en commun: d'une part, un problème de communication entre des groupes dont les langages et les façons de penser sont différents et, d'autre pan, la difficulté de concilier deux types d'objectifs: le maintien d'un niveau de créativité élevé et la nécessité d'aboutir.

La mise en place de systèmes de gestion par projet, basés sur une analyse fonctionnelle du projet et sur le rapprochement des acteurs, peut apporter certains éléments de réponse à ces questions.

- la création d'un outil de communication

L'analyse fonctionnelle du projet permet de créer un outil de communication entre les différents groupes d'acteurs impliqués dans le projet. Cette analyse consiste à décomposer le projet en sous-ensembles correspondant aux différentes fonctions que le produit devra assurer. Effectuer ce découpage oblige à repenser l'objet à réaliser du point de vue de tous les acteurs qui auront à intervenir, ce qui amène non seulement les acteurs à en délimiter les contours mais aussi à le reconstruire, après l'avoir décomposé, à partir des éléments apportés par chacun. Ainsi, la gestion par projet "permet de se fixer clairement un objectif commun de création" (Zarifian, 1990).

Une des principales caractéristiques de cette action est qu'elle n'est pas ponctuelle, elle se déroule dans le temps. En effet, pour réaliser cette analyse il est indispensable de définir et de préciser ce que l'on veut obtenir à partir des connaissances des différents groupes concernés; cette opération se fait par confrontation d'idées, argumentation et discussions entre les personnes impliquées. Ces aller-retour sont nécessairement inscrits dans le temps, non seulement pour des raisons matérielles de disponibilité des individus mais également en raison des temps nécessaires de réflexion et de mûrissement des idées. Ainsi le projet est analysé et défini au début du processus mais se précise au fur et à mesure de son déroulement, par accords des acteurs entre eux sur les questions qui se posent lors de la mise en oeuvre.

Cette fonction des systèmes de gestion par projet consiste, au-delà de la simple création d'un outil de communication, à mettre en place une activité communicationnelle permettant un accord réel entre les personnes impliquées et non un simple compromis.

- *h* définition des objectifs en termes de finalité

Dans un système de gestion par projet, l'analyse fonctionnelle du projet conduit à définir les objectifs en termes de finalité et non sous la forme de solutions cachées qui orientent l'innovation et bloquent la créativité; cette caractéristique est favorable au maintien du niveau de créativité. En effet, l'objectif est la mise au point de

produits ou de processus nouveaux assurant certaines fonctions ou ayant une finalité précise, quelle que soit la voie technologique suivie.

Cette nouvelle façon de définir les objectifs techniques laisse apparaître une évolution de la nature de la connaissance. Celle-ci devient plus propositionnelle et moins positiviste: la présence de solutions cachées dans les documents qui tracent la forme du processus de conception-développement d'un produit nouveau reflète l'idée que, d'une part, il existe pour chaque problème une seule solution meilleure que les autres et que, d'autre part, cette solution est connue dès le démarrage du projet par les personnes qui, aux niveaux supérieurs de la hiérarchie de l'entreprise, prennent la décision de développer le projet.

En définissant les objectifs en termes de fonctions, on permet l'apparition de propositions d'innovation. Dans ce contexte, les idées proposées sont caractérisées par le fait qu'elles sont exploratoires et contestables, ce qui donne lieu à des réactions et à de nouvelles propositions de la part des autres acteurs, et engendre un processus itératif et interactif qui aboutira à la mise au point d'une solution prenant en compte les contraintes et les ressources propres au projet concerné. Cette façon de concevoir la mise au point des solutions techniques apporte également une certaine garantie à l'aboutissement des activités.

- le rapprochement des acteurs

Un des principes de base de la gestion par projet est de rapprocher les acteurs du projet, c'est-à-dire de faire travailler ensemble les personnes, issues de secteurs différents de l'entreprise, qui participent à la réalisation d'un même projet. Ce regroupement se traduit très souvent par un rapprochement à la fois structurel et géographique des unités ou des équipes.

Une telle forme d'organisation permet de stimuler les décloisonnements transversaux entre les groupes d'acteurs. Il en résulte une diminution de la durée du cycle de conception-développement en raison, d'une part, de la réduction des pertes de temps dues à la longueur des circuits administratifs, et d'autre part, d'une plus grande possibilité d'identification et d'anticipation des problèmes. En regroupant les acteurs, la gestion par projet permet de rapprocher les problèmes qui se posent lors de la conception, de ceux qui apparaissent au moment de l'industrialisation ou de la commercialisation; cette confrontation des problèmes propres à chaque profession se

fait notamment par un chevauchement au sein du processus, des activités, des fonctions exercées par les acteurs, ou des délais. Ce chevauchement, de plus en plus fréquent dans les entreprises, traduit l'évolution vers des systèmes d'ingénierie simultanée.

- l'implication de l'environnement

De même que le rapprochement des acteurs internes de l'entreprise facilite le déroulement des projets, l'accroissement des contacts et des échanges avec les interlocuteurs externes permet de réduire les délais de conception et de développement des produits et de limiter l'apparition de problèmes irréversibles. Cette forme d'interaction avec l'environnement se traduit par une implication croissante des partenaires externes de l'entreprise dans ses domaines d'activité. Une telle évolution comporte certains risques: d'une part, dans un milieu fortement concurrentiel, une ouverture vers l'extérieur peut mettre en jeu la place de la firme sur le marché, et d'autre part, la mise en oeuvre d'une coopération sous des formes relativement peu structurées ou formalisées risque de limiter la probabilité d'aboutissement des activités engagées en commun.

Dans le contexte actuel marqué par le développement du partenariat et la multiplication de structures coopératives plus ou moins formalisées, la gestion par projet constitue un support pour l'ouverture de l'entreprise vers l'extérieur. Elle fournit un cadre dans lequel peuvent s'inscrire les relations entre la firme et son environnement et permet de concilier deux types d'objectifs: impliquer le plus en amont possible les acteurs externes en gardant le contrôle de leur activité au sein du projet et ne pas alourdir les procédures de fonctionnement.

A l'intérieur du cadre établi par les règles de la gestion par projet, la régulation réalisée par une équipe projet, et non par la hiérarchie, permet d'introduire une certaine souplesse de fonctionnement facilitant l'implication des partenaires. La structure projet constitue également un cadre favorable au développement du partenariat dans la mesure où elle favorise la simultanéité des opérations qui correspond à un des principaux objectifs du partenariat. Enfin les contraintes de formalisation inévitables pour travailler avec des intervenants extérieurs à l'entreprise sont réduites lorsque ceux-ci, impliqués dès le démarrage du projet, participent à sa définition.

b) **Mettre en place une recherche à finalité pour répondre à l'objectif de débouché industriel**

Jusqu'à maintenant les activités de recherche dans les industries fondées sur la science étaient le plus souvent organisées par grandes disciplines scientifiques, ce qui ne signifie pas que les relations entre les secteurs de la recherche et de l'industrialisation étaient inexistantes, mais plutôt que ces relations prenaient une forme spécifique. Dans un tel système, les recherches effectuées ont une finalité industrielle, elles sont réalisées avec un objectif d'application industrielle. Mais cet objectif est défini de façon globale dans le cadre de grands projets industriels, à un niveau élevé de la hiérarchie, par les dirigeants de l'entreprise et les directeurs de R-D; les relations entre le secteur de la recherche et celui de l'industrialisation consistent essentiellement à assurer un débouché aux recherches qui ont été réalisées, à organiser et gérer l'application des résultats de ces recherches.

Compte tenu du renforcement des contraintes économiques et du raccourcissement du cycle de vie des produits, la nécessité d'aboutir, d'obtenir un résultat pour chaque projet lancé est devenue plus forte. Les principes qui guidaient l'activité de recherche ont changé: l'objectif n'est plus d'explorer le plus grand nombre possible de voies technologiques et de couvrir un champ de recherche plus vaste, mais de mener jusqu'au bout les recherches commencées; ceci suppose de déceler très tôt les voies à poursuivre ou à abandonner, les orientations à conserver ou à modifier.

L'enjeu actuel, dans les entreprises, consiste à mettre en place une recherche finalisée. Cette recherche recouvre un aspect différent; elle doit permettre de créer et de stabiliser des trajectoires technologiques sans restreindre les possibilités d'apparition de configurations nouvelles. Elle est caractérisée d'une part, par des objectifs concrets et précis, ceux-ci étant définis non seulement par les individus intervenant au sommet de la hiérarchie mais également par les acteurs de base et, d'autre part, par un niveau d'activité scientifique et technologique élevé. Sur le plan de l'organisation, ceci suppose une certaine rigueur de fonctionnement et la mise en place d'un pilotage plus fin des activités.

La gestion par projet apparaît comme un moyen de réorganiser les activités de recherche en leur donnant une finalité. Tout d'abord, elle implique une relation entre

les acteurs de la recherche et de l'industrialisation dès le démarrage du projet permettant ainsi que les objectifs soient redéfinis par l'ensemble de ces acteurs et intégrés dans le processus de réalisation du projet; ce type de relation favorise la réélaboration des objectifs par les acteurs intervenant à la base du projet et contribue à donner une finalité à l'activité de recherche. La gestion par projet constitue également un outil pour la mise en place d'une recherche à finalité dans la mesure où elle impose une certaine rigueur dans le déroulement des activités, garantissant en partie leur aboutissement.

- la structuration et la normalisation de l'activité

L'activité de recherche, le déroulement des processus de R-D sont encore peu formalisés et on considère de plus en plus ce manque de formalisation comme une des causes du trop grand nombre de recherches qui n'aboutissent pas.

Des expériences sont faites actuellement dans les entreprises pour tenter de donner à la recherche un caractère plus structuré et plus formel. Les responsables d'entreprises cherchent à maîtriser et à guider la R-D en imposant des contraintes de budget, de délais, des obligations de résultats. Or, dans le domaine de la recherche, l'activité était jusqu'à maintenant rarement conduite par des critères financiers ou balisée par un jalonnement dans le temps; des obligations de moyens, mais rarement des obligations de résultats, étaient données. Compte tenu du caractère incertain de la recherche et de la nécessité d'une marge d'autonomie pour assurer un environnement propice à une telle activité, il semblait difficile d'appliquer ce type de méthodes.

La gestion par projet, telle qu'elle est mise en oeuvre dans les activités de développement et de production utilise de tels critères. Toutefois, ces critères ne doivent pas être considérés sous le seul aspect négatif de contrainte bloquant l'activité. Deux caractéristiques de la gestion par projet limitent cet effet de contrainte: d'une part, ces critères ne sont pas déterminés uniquement par les responsables hiérarchiques, mais également par les acteurs de base du projet; d'autre part, la gestion par projet prend en compte la variable temps, essentielle dans la recherche, ce qui se traduit par une autre façon d'envisager le déroulement et le contenu de l'activité. En effet, la gestion par projet est basée sur un suivi rigoureux et un pilotage fin des opérations, qui ont pour fonction non seulement de vérifier la conformité des résultats atteints par rapport aux prévisions ou d'établir des

consignes pour la prochaine étape, mais également de construire et de formaliser progressivement le projet. Dans ce cas le temps n'est pas considéré seulement sous la forme de délais de réalisation à gérer mais également comme une durée nécessaire à la création de connaissances et à la concrétisation d'idées: "dans la gestion par projet, le temps nécessaire à la mise à disposition d'une création de qualité est aussi important que la gestion des délais de réalisation" (Zarifian, 1990).

- la gestion de la configuration

La gestion par projet s'appuie sur la représentation physique du produit final et sur la figuration du processus de mise au point du produit. Les objets qui assurent cette représentation prennent des formes diverses: maquettes, dessins, documents écrits... Cette activité de préfiguration est essentielle pour la mise en place d'une recherche à finalité: elle permet de représenter physiquement l'objectif à atteindre.

Mais, la gestion de la configuration ne consiste pas seulement à décrire le processus qui sera suivi et à représenter physiquement le produit qui sera développé; les objets utilisés pour représenter le projet n'ont pas uniquement un rôle passif de support permettant de mieux comprendre ou de visualiser le but poursuivi, ils ont également un rôle actif dans la mesure où ils guident le comportement des acteurs du projet; ainsi, non seulement on écrit ce qu'on va faire mais on fait ce qu'on a écrit.

Par ailleurs, cette gestion a une dimension temporelle importante: au fur et à mesure du déroulement des opérations, les objets et documents établis sont précisés ou modifiés en fonction des informations acquises; les figures du projet évoluent au même rythme que sa réalisation. Une telle activité de représentation permet d'améliorer progressivement la connaissance, par les acteurs, de l'objectif poursuivi. Cette "fonction de connaissance" (Zarifian) constitue une fonction essentielle des systèmes de gestion par projet, en particulier lorsqu'il s'agit d'amener plusieurs intervenants à un consensus sur la finalité d'une action et de maintenir cet accord sur des durées relativement longues; elle permet de "formaliser et de communiquer une connaissance abstraite" et de permettre ainsi le consensus des acteurs pendant tout le déroulement du projet.

- le pilotage économique des projets

Les entreprises prennent de moins en moins le risque de produire et de commercialiser un produit qui pourrait s'avérer non rentable sur le marché; on assiste ainsi à une prise en compte des contraintes économiques de plus en plus tôt dans le processus de R-D - production - distribution.

Or l'introduction de contraintes budgétaires et de critères économiques dans les activités de R-D est relativement difficile à réaliser; non seulement il en résulte un mode de fonctionnement totalement nouveau dans un milieu où les comportements ont toujours été relativement indépendants de ce type de contraintes, mais également l'activité de recherche, par sa nature incertaine et souvent imprévisible, semble limiter les possibilités d'un pilotage par des objectifs d'ordre budgétaire.

Toutefois, lorsqu'il s'agit d'assurer un débouché industriel et commercial aux recherches effectuées, il est nécessaire d'introduire des critères économiques dans la gestion des activités de R-D. Des tentatives sont faites actuellement dans les entreprises pour sensibiliser les chercheurs et les ingénieurs de développement au problème du coût croissant de la recherche et pour essayer de limiter le gaspillage. Des enveloppes budgétaires sont définies au démarrage des projets et des budgets sont constitués pour les différentes opérations. Cependant, le dépassement des sommes allouées reste fréquent et, par ailleurs souvent justifié, ce qui limite l'efficacité d'un tel système.

La gestion par projet met en place un système de pilotage basé d'une part, sur une connaissance permanente de la situation économique du projet, et d'autre part, sur l'intégration du critère économique dans les décisions techniques. Ce mode de pilotage repose sur un suivi rigoureux du déroulement des opérations à partir de chiffrages permanents de plans d'actions et de risques, réalisés par les acteurs du projet; il permet de prendre en compte la rentabilité des choix techniques effectués au cours du processus de développement et ne considère pas uniquement la rentabilité de l'investissement réalisé lors du démarrage du projet.

2 - Les difficultés de mise en oeuvre face aux logiques en place

Les avantages de la gestion par projet sont largement reconnus par les entreprises, et celles-ci tentent actuellement de l'introduire dans le secteur de la R-D; toutefois ce mode de gestion repose sur des logiques de fonctionnement nouvelles et se heurte aux logiques traditionnelles qui existent dans les firmes.

D'une part, l'activité des entreprises repose encore largement sur la mise en place de plans d'action qui descendent les différents niveaux hiérarchiques et sont appliqués par les personnels de base. Or, dans un système de gestion par projet la régulation n'est plus réalisée uniquement par le sommet de la hiérarchie, et la mise en place de plannings négociés et progressifs, revus régulièrement, remplace la définition de plannings types. D'autre part, les projets restent séquentiels et marqués par une irréversibilité forte due à l'inertie d'un mode de pilotage centralisé et reposant sur le principe du constat d'écarts par rapport aux prévisions.

La logique mise en oeuvre dans la gestion par projet repose sur l'idée de compromis et de convergence. Tout d'abord un des principes de base est de regrouper les différents acteurs du projet pour les faire travailler ensemble et pour les amener à un compromis à la fois sur les actions à réaliser et sur les objectifs à atteindre. Ensuite, la gestion par projet est basée sur des procédures collectives qui augmentent progressivement l'information détenue sur le projet; pendant tout le déroulement du projet les différents acteurs s'engagent dans des scénarios nouveaux, dont les effets ne sont pas entièrement maîtrisés, et qui ont tendance à ouvrir le champ d'intervention des acteurs. Il en résulte la nécessité d'une rationalisation des différents modes de conduite de projet dont la fonction est de faire converger les intervenants.

La mise en oeuvre concrète de ce type de gestion dans le secteur de la R-D fait apparaître des difficultés en ce qui concerne tout d'abord, l'identité de l'équipe projet, sa structure, ses missions, les compétences qu'elle regroupe; elle concerne également l'intégration des différents types d'activité au sein de la structure projet.

a) L'équipe projet

- la structure: les expériences réalisées dans les entreprises mettent en évidence les questions qui se posent quant à la structure à adopter pour l'équipe projet. Celle-ci prend des formes très diversifiées, d'une part, du point de vue du nombre de personnes qu'elle comprend et, d'autre part, selon la façon dont elle est rattachée à la structure globale de la firme. Ces questions résultent de la difficulté à définir les fonctions à remplir par l'équipe projet, qui sont le plus souvent identifiées de façon intuitive.

Lorsqu'elle est constituée d'un groupe restreint de trois à quatre personnes, l'équipe projet remplit une fonction de type commercial, établissant des relations de clientèle avec les grandes directions de l'entreprise. Une équipe projet comprenant une quinzaine de personnes correspond à la mise en place d'une organisation plus matricielle et à une plus grande structuration des activités au sein de l'équipe sans que celle-ci prenne part aux travaux réalisés dans les directions. Un troisième type de structure est constituée par les équipes projet d'une centaine de personnes incluant les équipes techniques; dans ce cas on assiste souvent à une disparition des métiers qui ont été bridés pour proposer un type d'innovation orienté en fonction du projet.

Un problème important se pose quant au rattachement de cette équipe au reste de l'entreprise. Dans une organisation de type anglo-saxon, l'équipe projet a un rôle essentiellement fonctionnel. Elle a une durée de vie assez limitée; elle est composée d'un petit nombre de coordinateurs jouant un rôle de vecteurs de pénétration et de démultiplicateurs du projet dans les divisions. Apparaît alors la question du nombre de coordinateurs nécessaires, le projet étant décomposé en fonction de ces coordinateurs. L'équipe projet est en relation de façon permanente avec les différents services intervenant dans le projet et permet ainsi de croiser le fonctionnel et l'opérationnel.

Dans d'autres types d'organisation, notamment en France, les entreprises tentent de donner un rôle plus structurel à l'équipe projet. On observe alors des structures variables selon la phase du processus de développement considérée. Dans les phases amont pendant lesquelles il est nécessaire de laisser une certaine autonomie à l'équipe projet, celle-ci est située à l'extérieur de la structure hiérarchisée de la

firme et établit des relations avec les divisions. L'avantage de cette solution est de créer une homogénéité entre le projet et l'activité des divisions; cependant le risque est de bloquer l'action de l'équipe projet située entre la structure projet et la structure globale de l'entreprise. A l'aval du processus de développement, les conditions sont différentes; le savoir faire est relativement acquis, l'objectif est de l'appliquer en tenant compte des problèmes de coûts et de délais; dans ce cas, l'équipe projet est plus intégrée à la structure globale, ses membres restent rattachés à leur service d'origine. On observe parfois un regroupement spatial des membres de l'équipe; cette dimension géographique a pour effet de renforcer l'intégration au sein de l'équipe, le rapprochement fonctionnel ne conduisant pas systématiquement à une structure intégrée. Ce type de structure peut favoriser le développement d'une dynamique propre au projet, s'opposant à la dynamique générale de l'entreprise.

- la mission d'introduction de l'innovation: les missions données à l'équipe qui pilote les projets de développement sont souvent stratégiques et complexes, dans la mesure où ces projets ont eux-mêmes un objectif stratégique: mettre au point des technologies nouvelles dans le but de conserver ou d'augmenter les parts de marché de l'entreprise.

Parmi les missions attribuées à l'équipe projet, celle relative à l'introduction de l'innovation technique semble particulièrement difficile à assurer dans le contexte actuel. Avec la mise en place de la gestion par projet dans le secteur de la R-D, apparaît le problème de savoir comment introduire la dimension d'innovation technique dans les projets. Cette mission est souvent attribuée à l'équipe projet à qui il est demandé d'impulser les actions de progrès; le chef de projet qui dispose d'une certaine autonomie en matière de répartition des crédits et de définition des délais semble occuper la meilleure position pour jouer le rôle d'"innovateur". Or, l'entreprise reste fortement marquée par sa culture traditionnelle basée sur l'exploitation courante et les "régimes permanents" d'activité; dans ce contexte, l'exercice de la fonction d'innovation par une équipe plus ou moins intégrée dans l'organisation globale et n'ayant souvent qu'une durée de vie limitée risque de rencontrer des obstacles importants.

- le regroupement des compétences au sein de l'équipe projet: dans ce domaine l'organisation traditionnelle de l'entreprise pose des problèmes d'une part, au

niveau des membres de l'équipe projet et, d'autre part, en ce qui concerne plus particulièrement le chef de projet.

L'efficacité de l'équipe projet est limitée par la structuration des métiers dans l'entreprise. Ceux-ci doivent pouvoir s'organiser au sein de chaque projet, notamment lorsque les normes définies par chacun des métiers impliqués dans la coopération sont incompatibles entre elles; la négociation et la coordination ne peuvent être efficaces que si *ces* normes peuvent être déplacées: un chercheur doit pouvoir réduire les performances techniques d'un produit pour en faciliter l'industrialisation. Ceci suppose que chacun connaisse les normes de son métier, or, la taylorisation et la parcellisation qui existent encore rendent cette adaptation plus difficile. Il en résulte un gonflement des équipes projet qui doivent rassembler un nombre élevé de personnes pour être représentatives des différentes fonctions impliquées dans le projet.

La question du profil du chef de projet se pose avec une acuité particulière dans le domaine de la R-D. Celui-ci ne peut pas être expert dans tous les domaines, notamment lorsqu'il s'agit de domaines de recherche très spécialisés. Cependant pour assurer sa crédibilité et son autorité, il doit être compétent dans un ou plusieurs domaines et pouvoir comprendre les différentes spécialités concernées; ceci suppose que le chef de projet possède des compétences non seulement techniques mais également qui lui permettent de communiquer et d'établir des liens avec les autres intervenants. Ce type de compétences peu valorisées dans les organisations tayloriennes, restent à développer.

Dans ce contexte la gestion des carrières telle qu'elle est pratiquée par les directions du personnel n'est plus cohérente avec la forme de l'activité au sein des projets: les individus progressent et acquièrent de nouvelles compétences au sein du projet qui ne sont pas valorisables dans leur filière au sein de l'organisation hiérarchique des professions.

b) L'intégration des activités au sein de la structure projet

Le rapprochement structurel ou physique des acteurs n'est pas suffisant pour intégrer des activités. Il n'entraîne pas systématiquement la communication et la négociation et peut se limiter à une simple juxtaposition des tâches sans que celles-ci soient réellement mises en relation les unes avec les autres. La convivialité n'est

pas garante de l'efficacité de la gestion par projet. Si l'organisation au niveau des structures de fonctionnement ne favorise pas le compromis et l'émergence des problèmes, des processus souvent irréversibles se mettent en oeuvre.

On assiste actuellement à une prise de conscience de ce problème et à une réflexion plus profonde sur la question de l'intégration des activités au sein de la structure projet. La R-D constitue un domaine très peu unifié du point de vue des projets qu'elle gère: leur importance varie fortement d'une entreprise à l'autre mais également au sein d'une même entreprise, les langages sont très différents selon les secteurs de recherche, les maîtres d'oeuvre pour chaque projet ont des profils très diversifiés. Toutefois certains traits communs se dessinent et on peut considérer qu'une structure projet englobe des services verticaux qui assument les fonctions supports, des centres de compétence technique qui détiennent le savoir et le savoir faire et l'équipe projet qui pilote.

La question est alors de savoir comment mettre en relation ces unités les unes avec les autres; il s'agit d'un problème mal résolu et difficile à aborder dans un contexte encore fortement marqué par des principes d'organisation hiérarchisée. Les différentes unités concernées appartiennent souvent à plusieurs divisions et il est difficile de les mettre en contact sans repasser par le sommet de chaque division.

Pour réaliser des connexions entre plusieurs services ou unités, le premier problème qui se pose est de déterminer quels types de relations doivent être établies, en fonction de quels critères doit se faire le rapprochement des activités, quel niveau d'intégration est souhaitable pour chaque activité. En fait les entreprises se trouvent confrontées à un double problème lorsqu'il s'agit de mettre en place une structure projet: d'une part, assurer l'intégration des activités centrales du projet et d'autre part relier cet ensemble aux différents services connexes qui remplissent une fonction de soutien au projet.

Dans un premier temps, en ce qui concerne les activités directement liées au projet, il est nécessaire de définir un "principe intégrateur" (Zarifian, 1991a) qui permettra d'identifier les activités à intégrer, de préciser les objectifs de l'intégration et donc de déterminer sur quoi repose l'intégration. En ce qui concerne l'intégration des services périphériques spécialisés le problème est plus complexe, il ne s'agit pas seulement d'établir une coopération avec des services composés de spécialistes, dans le cadre de projets déterminés; pour assurer l'interaction de ces services avec

l'équipe projet, il faut que la possibilité d'une telle coopération soit inscrite dans les structures; cette coopération ne doit pas être uniquement le résultat de procédures mises en place pour chaque projet; "pour qu'il y ait coopération, il faut des objectifs, des pratiques, une organisation ayant un effet fédérateur, à un niveau qui dépasse le lieu et le moment immédiat où les gens travaillent" (Zarifian).

Actuellement dans le secteur de la R-D la mise en oeuvre de tels principes d'intégration reste difficile. On assiste le plus souvent à un regroupement d'activités, réalisé de façon plus ou moins intuitive et motivé par l'idée de réguler l'enchaînement des opérations du processus de R-D - industrialisation - distribution. Toutefois, si une logique semble apparaître progressivement au niveau de l'intégration des activités constituant le coeur du projet, la question reste posée en ce qui concerne l'intégration des services spécialisés périphériques. Ce problème est particulièrement important du point de vue de la R-D; en effet, parmi les services périphériques se trouvent souvent des unités de recherche de base ou des centres techniques qui constituent dans la plupart des cas un soutien indispensable au projet. Or, compte tenu de la structure actuelle des entreprises, peu favorable au développement des interactions entre les services relevant de directions différentes, on assiste à un phénomène de "pompage": les responsables des services périphériques sont peu à peu intégrés dans l'équipe projet au sein de laquelle les relations sont plus faciles à gérer. Il en résulte le risque de voir se constituer des équipes projet inefficaces du fait de leur taille trop importante ou en raison de transferts de compétences peu pertinents.

Section 3 - Le problème de la recherche de base: divergence entre Développement et Recherche ?

La mise en oeuvre des moyens utilisés pour tenter d'intégrer la R-D dans le processus d'innovation crée certaines tensions au sein des laboratoires et équipes de recherche. En se donnant pour objectif de sensibiliser le secteur de la recherche aux contraintes industrielles et commerciales, on lui impose une certaine spécialisation; les réorganisations et les nouveaux modes de gestion qui en découlent ne posent pas de réels problèmes de mise en oeuvre dans le cas des activités de recherche appliquée et de développement mais se révèlent plus difficiles à appliquer à la recherche de base.

Il en résulte un double mouvement du point de vue des activités de recherche de base: d'une part, un certain isolement de ces activités au sein de l'entreprise, par rapport au processus de production, voire par rapport aux activités de développement, et d'autre part, un renforcement des relations entre les équipes de recherche amont de la firme et le milieu scientifique extérieur comprenant les centres de recherche publics et universitaires mais aussi les laboratoires des entreprises partenaires.

Face à cette évolution, un problème clé se pose en ce qui concerne le couplage entre la recherche de base et les activités industrielles et commerciales: la recherche amont doit-elle être intégrée dans le processus d'innovation, sous quelle forme, comment peut-elle être mise en relation permanente avec les autres activités de l'entreprise ?

Pour mieux cerner les différents aspects de cette question, il est important tout d'abord d'observer et de comprendre l'évolution du rôle de l'activité de recherche dans l'entreprise. On assiste en fait, non pas à une coupure et à un éloignement de cette activité par rapport au reste de la firme, mais à un déplacement des activités dans la structure du processus global de recherche-production-distribution. Ce processus traditionnellement représenté selon un schéma séquentiel dans lequel la recherche constitue la première étape, prend progressivement la forme d'un processus "en couches" dans lequel la recherche devient la strate supérieure. Dans un tel modèle la recherche est séparée des autres activités mais reste en contact direct et permanent avec celles-ci. Cette configuration, compte tenu des contacts qui s'établissent entre la recherche interne et son environnement, dépasse les frontières

de l'entreprise; au fur et à mesure du développement des relations partenariales, les unités de recherche extérieures sont intégrées à la couche supérieure du système.

1 - La recherche de base dans l'entreprise

a[^] La question du couplage entre la recherche de base et le reste de la firme

Le problème du couplage entre la recherche de base et le reste de l'entreprise n'est pas résolu actuellement dans les entreprises et les stratégies d'organisation mises en place ont parfois tendance à le rendre plus délicat. Le rapprochement entre les activités de développement et celles de production ou de marketing, qui découle notamment de la gestion par projet, semble se réaliser au détriment de l'intégration de la recherche de base et un clivage se dessine entre la recherche et le développement. Or, dans l'organisation actuelle des firmes, la recherche est reliée au reste de l'entreprise par l'intermédiaire des activités de développement. Une telle évolution risque de conduire à un isolement plus grand de la recherche de base, à un moment où le besoin de recherche interne est particulièrement important, notamment dans des industries fondées sur la science telles que l'Electronique.

La nécessité du couplage avec le reste de l'entreprise résulte en particulier de la fonction d'apprentissage exercée par la recherche de base dans la firme. Cette fonction, mise en évidence par D. Foray et D.C. Mowery (1990) permet de comprendre le rôle de la recherche effectuée au sein de l'entreprise. Il ne s'agit pas seulement de produire de nouvelles connaissances mais également de permettre à la firme, d'une part, d'identifier et d'exploiter les connaissances présentes dans l'entreprise et dans son environnement, et d'autre part, de les rendre assimilables et utilisables par les autres fonctions dans le processus de production.

Toutefois, cette fonction ne peut être assurée que s'il existe un contact permanent entre la recherche et les autres activités exercées dans l'entreprise. Les nouvelles méthodes de gestion utilisées, tant en ce qui concerne la gestion des ressources humaines que la gestion par projet, ont pour objectif de réaliser ce contact.

b) Les difficultés pratiques de réalisation

Les observations faites dans les entreprises montrent que le concept d'intégration se révèle souvent peu opératoire, en particulier dans le secteur de la recherche.

Ainsi, en ce qui concerne la gestion des ressources humaines, des actions sont menées pour établir des échanges entre les laboratoires et les unités opérationnelles. Dans le groupe Philips par exemple, ces interactions se traduisent non seulement par des relations entre les directeurs des ressources humaines de chaque service, mais également par une diffusion des informations relatives aux besoins et aux ressources en personnel de chaque service, auprès des responsables de divisions. Des listes d'offres et de demandes d'emplois sont régulièrement distribuées, informant les chercheurs des postes disponibles dans les divisions. Parallèlement, une action plus informelle est menée par le directeur des ressources humaines du LEP, Laboratoire d'Electronique de Philips, pour fournir une information plus ciblée aux chercheurs, leur faire des propositions répondant à leurs attentes.

Toutefois, l'investissement personnel des responsables et la motivation des intéressés ne suffit pas à résoudre le problème de l'intégration des chercheurs: les transferts restent peu nombreux et n'atteignent pas toujours leur objectif. En fait, il n'existe pas de véritable principe d'intégration qui définisse quelles activités doivent être transférées et dans quel but; deux problèmes essentiels en découlent. D'une part, les transferts n'étant pas toujours réalisés de façon pertinente, les chercheurs se trouvent dans des situations où ils n'ont plus l'occasion ni le temps d'approfondir leur recherche qui n'est plus leur activité centrale, ce qui se traduit par certaines frustrations et des difficultés d'adaptation à leur nouvel environnement. Ces difficultés sont renforcées par des conditions de travail souvent très différentes de celles qu'ils connaissaient. D'autre part, ces transferts sont perçus en termes de risque, ce qui accroît la difficulté à les faire accepter comme une étape normale de la carrière d'un chercheur; ils peuvent se solder par un succès ou un échec à la fois pour le chercheur qui change d'emploi et pour le service qui l'accueille; le risque est accru par le caractère souvent irréversible du transfert: en cas d'échec la solution est plutôt une nouvelle mutation qu'un retour au poste initial.

L'évolution de l'organisation au sein de TCM (Thomson Composants Microondes), filiale du groupe Thomson, constitue un autre exemple significatif des limites de l'intégration de la recherche de base dans le processus de développement-production. TCM conçoit des circuits intégrés en arseniure de gallium et met au point des technologies à partir des recherches amont faites par le laboratoire central du groupe, le LCR. La localisation des deux unités sur le même site permet d'établir des échanges entre les ingénieurs et les chercheurs; toutefois ceux-ci restent limités et sont concentrés sur un moment précis du processus d'innovation, celui du passage

de la phase de recherche amont à celle de recherche appliquée. La transition est facilitée par ces contacts, mais la proximité des deux unités et les relations personnelles qui existent depuis longtemps n'ont pas abouti à la mise en place d'une véritable interaction entre les équipes telle que celle établie par TCM avec ses partenaires équipementiers. En effet, cette filiale de Thomson exerce une activité externe de fonderie et à ce titre travaille en relation étroite avec des équipementiers, ceux-ci utilisant les technologies en cours de développement au sein de TCM dans la mise au point de leurs systèmes. La possibilité de pouvoir utiliser ces nouvelles technologies leur permet d'arriver sur le marché avant leurs concurrents, en proposant des systèmes plus innovants; mais ceci suppose de participer au développement de ces technologies. Il en résulte des interactions étroites avec les équipes de recherche appliquée et de développement de TCM et un véritable chevauchement des étapes du processus d'innovation: les tests des circuits intégrés sont faits sur les systèmes avant que les circuits et les technologies soient complètement mis au point et utilisés pour la production en série.

Une autre expérience faite récemment au sein de TCM illustre le clivage qui existe entre cette unité de recherche appliquée et le laboratoire central. Depuis deux ans une équipe commerciale a été créée au sein de TCM, dont l'objectif est d'une part, de promouvoir les produits développés à partir des technologies existantes et d'autre part, d'encourager le transfert de ces technologies dans d'autres secteurs dans un but de diversification; les projets en cours concernent notamment le secteur des télécommunications avec la mise au point du téléphone de voiture, et l'Electronique Grand Public avec le développement de circuits intégrés pour la TVHD. Cette équipe, intégrée aux structures projets mises en place récemment dans l'organisation de TCM, établit des contacts avec l'activité de développement mais n'entretient pas de relations avec les chercheurs du LCR; les structures projets n'englobent pas la recherche de base.

c) La difficulté de mise en place d'une activité de communication

L'établissement d'un contact permanent entre la recherche de base et le reste de l'entreprise ne peut pas être réalisé uniquement par un rapprochement des équipes. Faire travailler ensemble les chercheurs et les ingénieurs de développement ne suffit pas, il faut aussi que se mette en place une véritable communication. Celle-ci permet la remontée des informations à partir desquelles la recherche amont peut

détecter les problèmes qui se posent dans le processus de production et la diffusion des connaissances sous une forme applicable et exploitable dans l'entreprise.

L'amélioration de la communication, pour ne pas se limiter à un accroissement de la quantité d'informations transférées, implique de développer une compréhension réciproque entre les personnes qui communiquent. Ceci suppose d'établir des normes d'action et un langage communs et de rapprocher les statuts et les attentes des chercheurs et des ingénieurs des différentes unités. Pour établir une communication entre un laboratoire et un service de développement dans une unité opérationnelle, un "espace de connaissances communes" (Zarifian, 1991b) doit être créé, ce qui suppose notamment que les ingénieurs de développement acquièrent une partie des savoirs détenus par les chercheurs. Or, compte tenu de la spécialisation croissante et de la sophistication des connaissances scientifiques, cette action semble difficile à réaliser.

L'activité de communication implique également que les normes de travail soient partagées par les deux groupes. Il existe une grande différence dans ce domaine particulièrement en ce qui concerne la norme de satisfaction des clients. Celle-ci est très forte dans les équipes de développement, elle s'exprime notamment par l'obligation du respect des délais, de la réduction des coûts et de l'amélioration de la qualité. Or, les chercheurs ne se sentent pas véritablement concernés par les contraintes de délais et de coûts, qui les empêchent d'approfondir leurs recherches. La mise en place de modes de gestion par projet dans les laboratoires a pour objectif de les sensibiliser à de tels problèmes et de leur faire partager les normes de travail qui prévalent dans les activités de développement et de production. Toutefois, dans le cas de la recherche de base, la spécificité de l'activité conduit actuellement à modifier et à adapter les systèmes de gestion par projet, ce qui a pour effet de réduire la possibilité de partage des normes.

Un autre élément de la communication consiste à harmoniser les comportements en rapprochant les statuts de façon à créer un contexte et des éléments de référence communs. Actuellement, les chercheurs bénéficient d'une reconnaissance due à leur savoir, qui à la fois leur donne une certaine supériorité dans l'entreprise et implique une relative marginalisation. En général, les chercheurs défendent cette situation dans laquelle ils se sentent protégés. Ceci se traduit sur le plan de la gestion des ressources humaines, d'une part, par le maintien et parfois le renforcement d'un système de gestion propre aux chercheurs, alors que la carrière des ingénieurs de

développement est gérée dans le cadre du système global de gestion du personnel de l'entreprise et, d'autre part, par l'établissement de passerelles entre les deux systèmes. Mais une véritable communication, au sens d'un rapprochement des attentes des individus ne peut se développer que si l'activité ou la carrière des chercheurs et des ingénieurs de développement sont gérées et se déroulent dans le cadre d'un même système. Une telle intégration de la gestion des ressources humaines reste fortement limitée par les caractéristiques de l'activité de recherche et les spécificités de la gestion des carrières qui en découlent.

d) La spécificité des exigences de localisation

Les activités de recherche de base sont développées de façon plus performante dans des milieux où il existe une masse critique de chercheurs, c'est-à-dire essentiellement dans les centres urbains. Les chercheurs expriment souvent le besoin d'accès à une information extérieure à l'entreprise, localisée dans les universités ou les centres de recherche, et la nécessité de contacts et d'échanges avec d'autres chercheurs scientifiques. Il en résulte une certaine résistance à la mobilité géographique vers les zones périphériques.

Au contraire, les activités de recherche appliquée et de développement sont plus orientées vers les besoins spécifiques des entreprises et moins dépendantes d'informations extérieures (Howells, 1990). Il en résulte, du point de vue des dirigeants d'entreprise et des directeurs de ressources humaines, une plus grande facilité à décentraliser les activités de recherche appliquée et une tendance à conserver les activités de recherche de base dans les milieux urbains.

Certaines études (Angel, 1989; Glasmeier, 1988) montrent que les équipes de recherche qui ont été décentralisées et implantées hors des zones urbaines effectuent principalement des activités de recherche appliquée. Dans ce contexte, les mouvements territoriaux centre-périphérie sont considérés comme le résultat de la décentralisation des services de R-D dans les divisions des firmes.

2 - Le problème de la créativité

La créativité, qui constitue la principale caractéristique de l'activité de recherche, n'est pas véritablement prise en compte dans la mise en place des nouvelles méthodes de gestion. D'une part, celles-ci ont tendance à privilégier la fonction

d'apprentissage de la recherche par rapport à celle d'innovation, et d'autre part, la rationalisation mise en oeuvre par ces méthodes va souvent à rencontre de la créativité.

a) Le renforcement du rôle d'apprentissage de la recherche par rapport au rôle d'innovation

La recherche de base ne peut véritablement remplir ses fonctions d'innovation et d'apprentissage, et jouer pleinement son rôle que si un certain niveau de créativité est assuré. En effet, la créativité est fondamentale, non seulement, parce qu'elle permet de produire des connaissances nouvelles, de réaliser des combinaisons pertinentes entre les produits ou les savoirs, d'explorer des voies nouvelles et d'en exploiter les résultats, mais également parce qu'elle permet à la recherche d'assurer sa fonction d'apprentissage, et notamment de diffuser et de faciliter l'assimilation par l'entreprise de ce qui a été créé. Ces deux fonctions sont étroitement liées entre elles et l'efficacité de la recherche dépend de la relation et de l'équilibre maintenus entre elles; or, les moyens de gestion mis en place récemment accordent une importance croissante à la fonction d'apprentissage au détriment de celle d'innovation.

Cette orientation est particulièrement nette dans le cas du transfert de chercheurs, des laboratoires vers les services de développement des unités opérationnelles. Ainsi, au sein de Philips Electronique Grand Public, unité opérationnelle du groupe Philips, les chercheurs qui ont quitté le LEP, un des laboratoires centraux du groupe, occupent le plus souvent des postes d'experts scientifiques dans les équipes de développement et assurent une fonction de conseil et d'apprentissage au sein de ces équipes. Ils peuvent également être affectés sur des postes de chef de projet; dans ce cas il leur est demandé d'utiliser leurs savoirs comme base d'expertise et le pouvoir d'action qui leur est donné pour proposer et impulser des actions d'innovation. Dans le groupe Thomson, le transfert de chercheurs du laboratoire central vers Thomson-LCD lors de la création de cette unité de développement répond au même objectif. Il s'agit de mettre en place un processus d'apprentissage, par lequel les connaissances fondamentales acquises par les chercheurs au LCR vont être progressivement assimilées et exploitées au sein de la nouvelle équipe pour la mise au point d'écrans plats à cristaux liquides.

Dans ce type d'action, le problème est de maintenir des relations interactives et créatives avec le laboratoire central, chacun apportant des connaissances à partir desquelles un nouveau savoir ou savoir faire peut être acquis; or, la plupart du temps, ces relations prennent la forme de contacts ponctuels de soutien en cas de difficultés dans la mise en oeuvre des savoirs. Les chercheurs perdent peu à peu leur lien avec le laboratoire central et sont intégrés dans un nouvel environnement au sein duquel la créativité n'est plus le critère principal de l'activité.

b) Les limites de la rationalisation

Trois principes clés de la gestion de projet mettent en évidence les limites de la rationalisation de l'activité de R-D, et notamment ses effets sur la créativité dans la recherche.

- la notion de temps: dans le domaine de la recherche le temps a une signification différente de celle qu'il a dans les activités de développement ou de production. Le temps de maturation des idées est particulièrement impondérable et difficile à gérer, ce qui ne veut pas dire qu'il soit impossible de le gérer et qu'aucune limite de temps ne doive être imposée aux chercheurs, mais que les méthodes utilisées pour la gestion des délais dans la production ne peuvent pas être appliquées de la même façon aux activités de recherche. Imposer des dates fixes pour la réalisation des travaux dans le déroulement du processus de recherche risque de limiter fortement la productivité; l'introduction d'une certaine souplesse est nécessaire.

Or, la gestion de projet ne prend pas en compte le temps de maturation des idées. L'objectif principal est de raccourcir les délais, ce qui a pour effet de soumettre les acteurs du projet à une tension permanente sur le temps et qui se traduit par une réduction, et souvent par une suppression du temps de maturation. Ainsi, la gestion de projet permet l'ouverture de nouvelles options pendant tout le déroulement du projet mais ne laisse pas toujours le temps de les explorer. Or, le but de la recherche de base dans les entreprises est précisément l'exploration de ces voies nouvelles.

Un tel mode de fonctionnement semble plus adapté aux activités de développement; d'une part, à cette étape du processus les technologies ont été conçues et déjà formalisées, il s'agit ensuite de les mettre au point et de préparer l'industrialisation. D'autre part, le projet est plus facile à délimiter et à décomposer en différentes

fonctions dans la mesure où les acteurs peuvent raisonner à partir de la représentation d'un objet.

- la gestion de la configuration: ce deuxième principe semble particulièrement difficile à appliquer dans le domaine de la recherche amont.

La gestion par projet est basée sur une décomposition du projet par fonctions, ce qui a pour effet de rendre relativement abstrait l'objet à réaliser. L'idée de gérer un projet à l'aide de la représentation physique d'un produit ou de la figuration d'un processus redonne un aspect concret à cet objet. Un tel principe de figuration existe depuis longtemps dans l'industrie; "l'industrie classique est construite autour de représentations plutôt statiques qui sont des objets (un plan, une gamme, un produit, etc), des schémas séquentiels et additifs de tâches et des fonctions séparées (concevoir, fabriquer, vendre, contrôler)" (Veltz, 1988). Au sein des activités de développement où les comportements sont proches de ceux que l'on peut observer dans le secteur de la production, l'introduction de modes de gestion basés sur le principe de préfiguration ne semble pas poser de trop grandes difficultés. Au contraire dans le domaine de la recherche, la mise en oeuvre d'un tel principe est peu pertinente: d'une part, il est difficile de donner une représentation physique d'un objet lorsque celui-ci est à peine conçu et, d'autre part, configurer trop tôt un produit ou un processus nouveau limite l'étendue du champ de recherche et réduit les possibilités de voies nouvelles à explorer pour sa conception.

- le pilotage économique des projets: ce principe de gestion, essentiel dans la gestion par projet, provoque des tensions au sein de la recherche de base.

Il s'agit tout d'abord, du problème des limites budgétaires fixées lors du démarrage du projet, qui constituent des contraintes fortes pour les chercheurs, les empêchant d'explorer des voies qui supposeraient un investissement financier supplémentaire et d'approfondir des idées qui apparaîtraient au cours du déroulement du processus de recherche. Mais les tensions introduites par le pilotage économique des projets ne sont pas dues uniquement à des enveloppes budgétaires trop étroites lors du démarrage du projet; elles résultent également de la mise en place d'un suivi économique rigoureux pendant le déroulement du projet. Dans les systèmes de gestion par projet, celui-ci se fait par chiffrages permanents de plans d'actions et de risques. Or, il est particulièrement difficile pour des chercheurs d'établir de telles prévisions et surtout de les chiffrer de façon précise, une part importante d'intuition

et de pari intervenant dans les choix techniques effectués au cours du processus de recherche.

3 - Le renforcement des relations avec l'extérieur

Parallèlement à l'évolution actuelle qui a tendance à isoler la recherche de base dans l'organisation des entreprises, on observe un renforcement des relations entre la recherche amont réalisée au sein de la firme et l'environnement extérieur. La multiplication des échanges a lieu non seulement avec les laboratoires publics et universitaires mais également avec les centres de recherche des firmes partenaires. L'analyse de la nature de l'activité qui se développe dans le cadre de ces échanges permet de mieux comprendre certains éléments de la dynamique mise en oeuvre dans la constitution et le développement des réseaux technologiques.

a) Les principes d'action au sein des réseaux technologiques

Les principes d'action sur lesquels reposent l'activité au sein des réseaux technologiques semblent mieux adaptés à l'activité de recherche de base que ceux mis en oeuvre dans le cadre des nouvelles méthodes de gestion au sein des entreprises, en particulier en ce qui concerne la gestion par projet.

Les moyens utilisés pour tenter de réduire les coûts constituent un exemple significatif. On ne cherche pas à réduire les coûts uniquement par une limitation des enveloppes budgétaires des projets mais plutôt par des actions telles que le partage des investissements ou la limitation du gaspillage des ressources dans des impasses technologiques. Le partage des coûts peut prendre la forme de l'utilisation commune d'équipements ou de la mise en oeuvre de programmes de recherche dans lesquels chaque partenaire traite une partie du projet. La réduction des impasses technologiques est obtenue par le regroupement de compétences, la présence de différents experts scientifiques qui permettent de combiner les avis sur le démarrage ou la poursuite d'une recherche.

L'activité au sein des formes coopératives de recherche n'est pas guidée seulement par des perspectives d'industrialisation et de commercialisation des produits ou par des impératifs de rentabilité financière; elle est également orientée par des objectifs tels que le développement de complémentarités entre des produits ou des savoirs. Etablir des relations entre plusieurs équipes de recherche travaillant dans le même

domaine ou dans des domaines différents, conduit non seulement à élargir l'éventail des possibilités technologiques mais aussi à ouvrir des horizons nouveaux du point de vue des applications possibles. L'obtention, au sein des équipes de recherche, de "labels de référence utiles pour progresser ensuite dans leurs propres compétences" (Bienaymé, 1988) constitue une autre forme d'incitation.

M Les relations entre la recherche au sein des réseaux technologiques et le reste de la firms

Il est important de noter que les objectifs de l'activité de recherche au sein des réseaux technologiques restent liés à l'activité de l'entreprise et à sa stratégie: le développement des complémentarités est orienté par les objectifs stratégiques de l'entreprise, celles-ci sont recherchées dans les secteurs qui ouvrent des possibilités de croissance sur des marchés existants ou sur de nouveaux marchés; c'est le cas actuellement des recherches communes menées par les entreprises du secteur de l'automobile et celui de l'électronique; la coopération entre Siemens et BMW illustre cette dynamique. De même la recherche de labels de références, acquis de plus en plus souvent par la participation aux grands programmes européens, a pour but de donner les moyens à l'entreprise de progresser dans ses domaines de compétences.

Ainsi cette dynamique ne repose pas sur une volonté de constituer un milieu isolé, en marge des préoccupations quotidiennes de l'entreprise; d'une part, les chercheurs ne sont pas opposés à l'établissement de relations avec le milieu industriel: ils ont le souci de l'utilité de leurs recherches autant, si ce n'est plus, que de leur liberté professionnelle; d'autre part, les questions qui se posent dans le milieu industriel font appel à des connaissances fondamentales et renforcent la nécessité d'une telle relation. La distance qui s'établit entre la recherche et l'activité industrielle n'est pas due seulement à la crainte des chercheurs de perdre leur liberté du fait des contraintes imposées par le marché, il s'agit également d'une réaction à des principes d'organisation et de gestion qui risquent de limiter la qualité et la productivité de leur activité.

c) La dynamique de réseaux et la forme du processus d'innovation

Les principes d'action qui régissent les réseaux scientifiques et techniques introduisent dans l'activité de recherche une certaine motivation et favorise le développement de la créativité. L'activité développée au sein des réseaux répond

aux attentes des chercheurs, ce qui les amène à accélérer le développement de ces réseaux. Ce mouvement est favorisé par des similitudes au niveau des structures. Des similitudes existent également entre les laboratoires publics et privés, notamment en France; les différences entre ces deux types de laboratoires se situent davantage au niveau des cultures que des structures.

La dynamique de développement des réseaux technologiques est renforcée par le rôle de la recherche dans les nouvelles stratégies des entreprises. Les compétences technologiques constituant de plus en plus un élément de référence essentiel dans les stratégies de ressources mises en place par les entreprises, la recherche est amenée à jouer un rôle actif: les échanges et les interactions établis au niveau scientifique et technologique agissent sur la composition des actifs industriels, par fusions, participations ou sous-traitance de compétences. L'objectif n'est plus uniquement d'assurer la pérennité de la firme dans la forme qu'elle a acquise, mais aussi de permettre la survie du contenu technologique. Cette évolution a pour effet de rendre plus floues les frontières de l'entreprise. Un tel processus est cumulatif: les limites de l'entreprise étant moins rigides, l'établissement de nouvelles relations avec des laboratoires extérieurs et la constitution de nouveaux réseaux technologiques sont plus faciles.

Un des principaux effets de l'évolution actuelle des formes d'organisation de la recherche est de remettre en cause l'image traditionnelle du processus d'innovation; le schéma linéaire rend de moins en moins compte de la réalité. Un milieu scientifique et technologique élargi tend à exercer les fonctions traditionnellement assurées uniquement par le laboratoire ou le département de recherche de l'entreprise. Il en résulte une réduction des contacts entre le laboratoire et les services de développement au sein de la firme. Dans ce contexte, le processus d'innovation prend peu à peu la forme d'un processus "en couches" du type de celui développé par Kline et Rosenberg, dans lequel le milieu scientifique appartenant à l'environnement de l'entreprise est représenté par les deux strates supérieures intitulées "recherche" et "connaissances".

CONCLUSION

I. Bilan de la recherche

1. Cette étude a permis de mettre en évidence les deux grandes "cultures d'organisation" qui se superposent et s'interpénètrent aujourd'hui dans l'entreprise. La première est liée à l'organisation traditionnelle par fonctions, et s'exprime surtout dans les domaines d'activités privilégiant la stabilité des normes, l'apprentissage par répétition, les "régimes permanents". Dans la perspective de cette culture, la R-D est considérée comme une fonction parmi d'autres, formalisée au sein d'une direction administrative de la R-D. L'innovation, quant à elle, est considérée comme le résultat d'une séquence plus ou moins linéaire, où les diverses "fonctions" sont successivement activées.

La deuxième "culture d'organisation", qui sous l'effet des mutations de l'environnement économique de la firme tend aujourd'hui à s'affirmer, privilégie l'idée de processus. Elle est déjà présente dans l'organisation traditionnelle de la firme, dans les domaines d'activités et dans les secteurs où le "régime variable" l'emporte sur le "régime permanent", où la stabilité des normes ne peut être que relative, où l'apprentissage relève plus du changement et de l'interaction que de la pure répétition. Le phénomène nouveau, toutefois, est que les firmes s'orientent de plus en plus vers une relecture et une refonte globale de l'organisation privilégiant ce point de vue du processus. L'innovation, dans cette perspective, ne peut plus être lue simplement comme une séquence d'activités "fonctionnelles". L'accent est mis sur les interactions à géométrie variable, entre de multiples acteurs, internes et externes, à la firme. La R-D, du même coup, ne peut plus être considérée simplement sous l'angle d'une fonction amont dans une séquence productive. Ses missions, et par voie de conséquence, son organisation sont relues dans la perspective d'une efficacité globale supérieure d'un processus dont - et c'est là une des difficultés principales auxquelles se heurtent les firmes - le schéma organisationnel n'est pas fixé a priori^

2. Les études empiriques que nous avons menées ont permis de préciser les problèmes posés et les perspectives amenées par la coexistence de ces deux cultures, à deux niveaux: d'une part, celui des stratégies d'organisation de la R-D, d'autre part, celui des moyens mis

en oeuvre pour développer ces stratégies et repenser la gestion des activités de la R-D, sous l'angle du processus d'innovation.

2.1. Les nouvelles stratégies d'organisation

On observe une plus forte intégration des stratégies de recherche et d'innovation dans les stratégies globales des entreprises et surtout une nouvelle orientation dans leur élaboration. D'une part, elles sont basées sur les ressources technologiques de l'entreprise plutôt que sur son porte-feuille d'activités; ce type de stratégie permet de mieux prendre en compte l'innovation à long terme qui constitue actuellement une des préoccupations majeures des dirigeants d'entreprise. D'autre part, la planification stratégique en matière de recherche et d'innovation tend à s'appuyer davantage sur les mécanismes et moins sur les résultats. Il en résulte une tentative de compréhension du processus d'innovation afin de déterminer les différents facteurs de succès. Une importance particulière est accordée aux interactions entre les acteurs du processus d'innovation, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la firme. Ceci conduit les dirigeants d'entreprise à mettre en place et à articuler deux types de stratégies d'organisation: les stratégies internes orientées vers l'accroissement des échanges entre les fonctions de l'entreprise et les stratégies partenariales favorisant la constitution de réseaux scientifiques et techniques.

La prise en compte de la dimension stratégique et la volonté d'accroître la densité d'interactions entre les acteurs du processus d'innovation - interactions qui ne peuvent se réduire à la simple séquentialité de la "culture" par fonctions traditionnelle - apparaît nettement à travers nos études de cas.

L'étude des systèmes de R-D dans les trois entreprises, Thomson, Philips et Siemens, montre que la R-D occupe une place plus importante dans la structure et le fonctionnement global de l'entreprise. Tout d'abord au niveau décisionnel, la Direction Générale intervient plus directement dans le processus de décision, en particulier dans le cas des projets de recherche de base, et le rôle de la Direction de la R-D dans l'élaboration de la stratégie globale de la firme est renforcé. Ensuite du point de vue organisationnel, des relations sont établies entre la R-D et les autres fonctions de l'entreprise, notamment le marketing et la production, et entre la R-D et l'environnement scientifique et technique de la firme. Si les recherches de base restent centralisées dans les laboratoires centraux dont le nombre est

particulièrement restreint, les activités de recherche appliquée et de développement sont souvent décentralisées dans les divisions produits.

L'analyse du développement de deux technologies nouvelles montre que, dans le cas des circuits intégrés à application spécifique (ASIC) qui représentent une technologie en phase de croissance, la structure dans laquelle se déroule le processus d'innovation est intégrée et répartie dans la structure globale de l'entreprise. Dans le cas des écrans plats à cristaux liquides (LCD), technologie en phase de développement, une structure spécifique est constituée pour prendre en charge le processus d'innovation. Dans le premier exemple, les acteurs du processus de développement technique sont à la fois répartis dans l'organisation structurelle de la firme et dispersés géographiquement. Dans le second cas, la dispersion structurelle et géographique des acteurs est réduite; parallèlement, des liens étroits sont développés avec la recherche de base, à l'intérieur de la firme et à l'extérieur.

Pour favoriser l'implication de la R-D dans le processus d'innovation, deux types de solutions sont analysées. La solution séquentielle consiste à multiplier le nombre de niveaux de R-D (recherche fondamentale, de base, exploratoire, avancée, appliquée...) au sein du processus d'innovation de façon à réduire les différences entre les étapes, à accroître la communication entre les acteurs et à faciliter le passage d'une étape à la suivante. La solution de "co-implication" des fonctions est basée sur l'établissement d'une coopération entre les différentes activités et sur le développement d'une communication horizontale au sein du processus d'innovation.

2.2. Les moyens

Deux grands types de moyens sont utilisés dans le but de développer les interactions entre la R-D et les autres acteurs de la firme. En ce qui concerne la gestion des ressources humaines, la motivation et la mobilité des chercheurs sont les principaux objectifs; ils favorisent la stimulation de la recherche et le renouvellement des compétences indispensables au développement des innovations. Compte tenu de la spécificité des activités de recherche, on observe une certaine difficulté à intégrer et à harmoniser la gestion des chercheurs et celle de l'ensemble du personnel de l'entreprise. Cette difficulté se traduit dans les entreprises, soit par la mise en oeuvre d'une gestion spécifique des

chercheurs, soit par l'application de mesures particulières permettant d'adapter la gestion globale aux caractéristiques du personnel de recherche.

La gestion par projet est la deuxième catégorie de moyens utilisés pour accroître les échanges entre la recherche et les autres activités de la firme; ce mode de gestion, d'abord appliqué aux activités de développement et de production, s'étend aujourd'hui dans les laboratoires et services de R-D. L'objectif est, d'une part, de relier la R-D et les autres activités et, d'autre part, d'assurer une meilleure interaction entre les différents domaines de recherche au sein des laboratoires. Basé sur une logique essentiellement économique, notamment le respect de délais et de critères précis de qualité et de rentabilité, ce mode de gestion constitue dans sa forme actuelle un outil souvent peu adapté à l'activité de recherche proprement dite, surtout lorsque la gestion par projet reste essentiellement une "gestion des flux" et non une "gestion des compétences" ou des "contenus". Cependant, il présente des avantages importants, en particulier la possibilité de dépasser la gestion séquentielle de l'activité et d'intégrer les relations entre les acteurs comme élément de base de l'organisation, et on assiste actuellement à des tentatives d'aménagement des contraintes de façon à pouvoir intégrer la R-D et à la faire intervenir comme un acteur du projet.

Les principales difficultés apparaissent lorsqu'il s'agit d'intégrer la recherche de base dans l'ensemble du processus d'innovation. On observe actuellement une certaine intégration des activités de recherche appliquée et de développement, qui sont rapprochées des activités de production, et corrélativement un isolement de la recherche de base. Les différences de comportements et de conceptions, notamment en ce qui concerne les notions de temps et de délai, rendent difficile l'interaction avec les autres fonctions. Au contraire, l'implication dans des réseaux scientifiques et techniques semble plus facile, les différents partenaires mettant en oeuvre des logiques semblables de fonctionnement. La question se pose alors de savoir si la recherche de base doit être "contrainte" et adaptée de façon à être mieux intégrée au fonctionnement global de l'entreprise ou si elle doit plutôt développer ses capacités d'intégration dans les réseaux scientifiques et techniques et conserver une distance par rapport aux contraintes industrielles et commerciales.

3. L'étude de la dimension spatiale

L'étude de la dimension spatiale des systèmes de R-D permet de mettre en évidence deux phénomènes essentiels. Tout d'abord, l'organisation spatiale d'une entreprise n'est pas uniquement le résultat de sa forme structurelle, il existe également une dynamique spatiale qui conduit les entreprises à adopter une configuration territoriale spécifique. Ensuite, l'interaction entre la forme du processus global de développement technologique et le processus de localisation des activités de R-D au niveau de l'entreprise contribue fortement à déterminer la configuration spatiale des systèmes de R-D.

L'organisation spatiale des entreprises joue un rôle particulier dans la mise en place des stratégies d'organisation. D'une part, elle constitue une contrainte du fait de l'inertie des localisations existantes et, d'autre part, de nouvelles implantations ou une réorganisation des relations spatiales permet de modifier les articulations existantes et de développer de nouvelles synergies. Ces opportunités sont notamment utilisées dans le cadre des stratégies internes et sont étroitement liées à la question de la centralisation/décentralisation des activités de R-D. La mise en place d'organisations spatiales semblables dans les trois entreprises étudiées révèle des objectifs communs: d'une part, centraliser la recherche de base sur un petit nombre de sites stratégiques (près des sièges sociaux en Europe et dans la région Boston-New York aux Etats-Unis), et, d'autre part, décentraliser la recherche appliquée et le développement dans les divisions en renforçant le contrôle exercé sur ces services.

Ainsi, Philips réduit le nombre de ses laboratoires centraux et rationalise leur organisation de façon à favoriser les échanges entre eux et à constituer un réseau interne. De la même façon, Siemens réarticule progressivement la recherche centrale en resserrant les liens entre les laboratoires centraux de Munich et d'Erlangen et celui de Princeton. Pour des raisons stratégiques, et notamment pour maximiser l'accès à l'information, la recherche de base n'est pas concentrée sur un seul site. Philips conserve cinq sites sur les huit qui existaient, quatre en Europe et un aux Etats-Unis; Siemens étend son réseau de recherche de base en resserrant les liens avec le laboratoire situé aux Etats Unis; Thomson institutionnalise ses relations avec l'ancien laboratoire central de RCA aux Etats-Unis, le Centre de Recherche David Samoff.

Les stratégies de partenariat prennent différentes formes spatiales, centrées soit sur le regroupement des acteurs sur un site géographique, soit sur l'articulation des acteurs au sein d'un espace de transaction concrétisé par l'organisation de réseaux plus ou moins étendus géographiquement. Le site se définit par sa localisation territoriale, sa dynamique reposant sur la proximité géographique; il est important de préciser que la délimitation physique ne signifie pas une restriction du marché, le site ne sert pas uniquement le marché local. Le réseau est plus dispersé; il reflète directement l'histoire des entreprises et des relations établies avec leur environnement. Sa dynamique de fonctionnement est basée sur les liens technologiques entre les partenaires.

II. Analyse des résultats

Trois grandes lignes de réflexion apparaissent lorsque nous faisons la synthèse de ce travail. Tout d'abord, l'étude de la R-D sous l'angle du processus d'innovation permet de revenir sur la "forme" de ce processus et de préciser l'hypothèse de sa non-linéarité.

Ensuite, l'examen de la R-D comme acteur du processus d'innovation modifie la conception du laboratoire industriel. D'une part, dans la structure de l'entreprise, il n'est plus isolé du reste de l'entreprise, des relations transversales sont établies avec les autres départements et, d'autre part, dans l'environnement scientifique et technique de la firme, il a des relations plus étroites avec ses partenaires au sein des réseaux de recherche, notamment avec les universités.

Enfin, l'organisation spatiale du processus d'innovation varie entre le site à localisation unique et le réseau à implantations multiples. Différentes raisons liées notamment à l'histoire des entreprises et aux exigences techniques des projets de R-D contribuent à déterminer la forme spatiale du processus d'innovation.

1. La forme du processus d'innovation

a) L'implication de la R-D et la non-linéarité du processus d'innovation

La linéarité du processus d'innovation fait l'objet de critiques diverses dans les études actuelles. Elle a également été posée comme un postulat du récent rapport sur la recherche du Xè Plan. En fait, le processus d'innovation n'a jamais été linéaire. Cependant, la représentation du déroulement de l'innovation selon un schéma linéaire et séquentiel peut être justifiée dans le cas d'une structure verticale et hiérarchisée. L'intérêt de cette représentation se comprend en référence à la façon dont l'activité est organisée. Dans ce type de structure, les activités sont d'abord différenciées selon plusieurs types de tâches qui sont ensuite intégrées au sein de chaînes d'opérations. La coordination des tâches repose sur le principe de la hiérarchie. Dans une telle structure, les feed-backs et les contacts horizontaux existent mais ne constituent pas un élément fondamental dans le déroulement du processus d'innovation; les négliger ne remet pas en cause la validité de la représentation.

Au sein du processus d'innovation, la R-D intervient dans la phase de conception et éventuellement de développement des nouvelles technologies mais n'apparaît qu'exceptionnellement dans les phases suivantes. Dans l'organisation de l'entreprise, elle est isolée des autres activités, ce qui se concrétise par un regroupement géographique et structurel des activités de recherche au sein du laboratoire central et par des échanges relativement limités entre le laboratoire et le reste de l'entreprise. Dans ce schéma, la R-D joue un double rôle d'interface avec l'environnement et d'initiateur du processus d'innovation. Elle constitue la source des innovations techniques, un réservoir d'idées nouvelles développées au sein du laboratoire ou transférées de l'extérieur.

La réorganisation actuelle des entreprises, en augmentant l'intégration des fonctions au sein du processus d'innovation et en particulier l'implication de la R-D, modifie la structure globale du processus et redéfinit le rôle des acteurs et leur place dans cette structure. Les feedbacks et les échanges entre les intervenants n'ont pas pour seul objectif de corriger les erreurs du "premier passage", ils constituent un élément déterminant pour le succès des innovations. Ces relations sont dorénavant inscrites dans la structure du processus. Il est

important de considérer la façon dont l'activité est organisée pour mieux comprendre la nécessité de nouvelles représentations du processus d'innovation. Contrairement à l'organisation des tâches dans les structures verticalisées, les activités sont d'abord intégrées puis différenciées; la coordination est assurée par des individus ou groupes d'individus (coordinateurs, animateurs, "chefs de projets") reconnus pour leur compétence technique et économique plutôt que par leur position hiérarchique.

Une telle forme d'organisation favorise les échanges horizontaux entre des activités de nature différente, notamment entre la R-D et les autres activités de l'entreprise. Il en résulte un schéma d'innovation dans lequel il n'existe pas une seule trajectoire principale de déroulement de l'activité mais plusieurs voies possibles et de nombreux aller retour entre les activités. Dans ce contexte, le déroulement de l'innovation ne peut plus reposer sur un regroupement géographique et structurel des activités de recherche au sein d'un ou plusieurs laboratoires centraux indépendants du reste de l'entreprise et sur le type de gestion séquentielle qui prévaut dans les organisations hiérarchisées.

Différents modèles ont été proposés pour prendre en compte cette évolution. Dans le "modèle en chaîne avec liaisons" développé par Kline et Rosenberg (1986), la R-D est en contact avec l'ensemble des activités réalisées tout au long du processus. La situation qu'elle occupe dans ce schéma, d'une part, favorise son intervention sur des projets initiés par différents secteurs de l'entreprise et, d'autre part, permet un fonctionnement par itération entre les acteurs du processus d'innovation. Cependant, un aspect important de l'évolution du rôle de la recherche ne semble pas suffisamment mis en évidence dans ce schéma; il s'agit de l'évolution actuelle des interactions entre la R-D et son environnement scientifique et technique. En effet, la recherche n'agit plus seulement comme interface avec l'extérieur, permettant à l'entreprise de s'approprier des résultats et de les adapter à ses objectifs industriels et commerciaux; elle joue également un rôle d'animation au sein de réseaux scientifiques et techniques, qui a des répercussions sur le fonctionnement et l'organisation de l'ensemble de l'entreprise.

Dans le "modèle interactif mis au point par Rothwell et Zegveld au milieu des années 1980 (Rothwell, 1992), le processus d'innovation est constitué d'une série de phases dépendantes les unes des autres et impliquant des fonctions différentes; le processus est séquentiel mais pas continu. Il prend la forme d'un réseau interne et externe à l'entreprise,

reliant les fonctions de l'entreprise, la communauté scientifique et le marché. Il constitue un lieu de confluence au sein de l'entreprise entre des compétences techniques et les besoins des consommateurs.

b) L'implication de la R-D et les sources de l'innovation

Dans les modèles classiques d'innovation, les idées nouvelles apparaissent au début du processus dans les laboratoires de recherche et sont ensuite développées dans les différentes unités de production et de marketing des entreprises pour finalement prendre la forme d'un produit fini. Celui-ci est distribué sur un marché d'abord restreint, puis élargi; il traverse ensuite une période de déclin avant d'être retiré du marché lorsqu'il n'est plus rentable. Plusieurs études ont remis en cause ce type de modèles dans lesquels la seule source d'innovation se situe au début du processus d'innovation et au début de la vie du produit.

Le modèle traditionnel "technology-push" accordait le rôle de source d'innovation à la science et à la technologie. Les modèles "market-pull", développés dans les années 1960, insistent sur le rôle du marché comme initiateur de l'innovation. Les besoins exprimés par les consommateurs et perçus par les entrepreneurs stimulent les activités de recherche dans la firme et amènent à des développements techniques nouveaux. Dans les années 1970, de nouveaux modèles ont remis en cause cette simplification du processus d'innovation et ont tenté de rendre compte des feedbacks entre l'activité scientifique et le marché, comme source d'innovation (Projet Sappho; Mowery et Rosenberg, 1978). Les modèles récents tels que ceux de Kline et Rosenberg ou de Rothwell et Zegveld, exposés ci-dessus, sont basés sur une interaction plus globale entre, d'une part, les différentes activités du processus d'innovation et, d'autre part, la constitution de réseaux scientifiques et techniques, comme lieu d'émergence de l'innovation.

Une autre catégorie d'études remet en cause la localisation des idées nouvelles au début de la vie du produit. Ces analyses portent sur la forme de la courbe de vie du produit; les critiques concernent en particulier l'analogie entre le cycle biologique et l'évolution du produit qui amène à considérer le déclin et la fin du produit comme la seule possibilité d'évolution à l'issue de la phase de maturité.

Le modèle classique du cycle du produit décompose l'évolution d'un produit en plusieurs phases d'émergence, de croissance, de maturité et de déclin. Or, ce modèle n'est que partiellement représentatif de la réalité. De nombreuses critiques portent sur la phase de maturité caractérisée par des produits stabilisés techniquement et fabriqués en grands volumes et à faible coût. En fait, les produits sont modifiés tout au long de leur vie et de moins en moins standardisés; ils n'atteignent pas toujours une phase de production en grandes séries. Cet élément est mis en évidence par M. Porter (1980, 1990) dans son analyse des stratégies de concurrence par différenciation des produits. L'existence d'une phase de maturité est également remise en cause dans les travaux de R. Rosenbloom et W. Abernathy (1982) qui identifient plutôt une phase de "dé-maturité" comprenant une succession de versions améliorées du même produit, et dans les recherches de R. Hirsh (1989) qui considère un état de "stagnation" des technologies (stasis) à partir duquel celles-ci peuvent connaître un nouveau démarrage.

Dans le modèle classique, le processus d'innovation est représenté parallèlement au cycle du produit, selon une "courbe en S" illustrant la progression lente de l'effort de recherche au début du cycle puis une augmentation rapide et enfin une diminution progressive pendant la phase de maturation. Les transformations de la courbe de vie du produit se répercutent sur la forme du processus d'innovation. Notamment, il n'est plus possible de considérer une baisse du niveau de R-D, y compris de la recherche de base pendant la phase de dé-maturité ou de stagnation. Un certain niveau de recherche doit être maintenu tout au long de la vie du produit, pour permettre à l'entreprise de saisir les opportunités d'un redémarrage ou du développement d'une nouvelle version du produit; une telle organisation permet également de disposer rapidement des moyens scientifiques et techniques nécessaires à un nouveau développement sans avoir à mettre en oeuvre des budgets considérables qui peuvent s'avérer prohibitifs; de plus, l'interaction continue entre la R-D et les autres acteurs du processus, notamment les producteurs et les utilisateurs, est essentielle pour dynamiser l'activité de recherche.

Le problème relatif à la représentation du cycle du produit est particulièrement important dans le secteur de l'électronique actuellement; la question de savoir si cette industrie est en phase de maturité ou encore en phase de croissance (cf 2^e Partie, Chapitre 1) peut avoir des effets déterminants sur l'avenir du secteur. La considérer comme une industrie en maturité risque d'amener les entreprises et les gouvernements à abandonner leur efforts de

revitalisation des technologies existantes et d'ouverture de nouvelles voies technologiques¹ (Rosenbloom et Abemathy, 1982).

c) Les nouvelles représentations du processus d'innovation et sa gestion dans l'entreprise

Malgré la complexité du fonctionnement réel du processus d'innovation et les difficultés de représentation qui en découlent, les différents modèles d'innovation proposés actuellement semblent plus représentatifs de la réalité; en particulier, l'évolution de l'activité scientifique et technique est prise en compte tout au long du processus de conception-production des produits.

Cependant, peu d'analyses considèrent les problèmes que pose l'application des nouveaux modèles d'innovation dans l'entreprise; les questions concernent en particulier l'organisation d'une nouvelle forme de R-D et la gestion des enchaînements entre les différentes activités du processus d'innovation. La représentation classique du processus d'innovation, dans laquelle la R-D intervient essentiellement au début du processus d'innovation et au début du cycle du produit doit être repensée, mais doit également être mise en accord avec les nouvelles formes d'organisation dans l'entreprise.

L'intervention de la R-D tout au long du processus de conception-production des produits implique de nouvelles formes d'organisation, mais surtout se traduit par la nécessité au sein de l'entreprise de définir un nouveau cadre temporel et spatial pour le déroulement du processus d'innovation. L'activité d'innovation, dans les modèles récents, se caractérise par une progression dans le temps comprenant des moments forts pendant lesquels des croisements ont lieu entre les acteurs du processus et des moments moins forts où les interactions sont moins fréquentes et moins décisives. Les différentes catégories d'acteurs qui interviennent à chaque moment varient selon la nature de l'activité à cette étape du processus et en fonction du type de décision à prendre et des problèmes qui se posent. Le problème majeur est d'atteindre un consensus à chaque moment clé du processus.

¹ Cette situation s'est produite dans le secteur de l'électronique grand public aux Etats-Unis et en Europe dans les années 1960. Cette industrie considérée en phase de maturité n'a pas fait l'objet des investissements nécessaires au développement de nouvelles technologies et a conduit à la domination du marché par les entreprises japonaises.

La gestion par projet semble fournir un cadre approprié à la forme du processus d'innovation. Elle a notamment pour avantage de pouvoir prendre en compte les différences de temporalités qui existent dans le domaine de l'innovation. En effet, les principes de la gestion par projet permettent un découplage entre les activités ayant une temporalité longue propre à la recherche de base et proche de la temporalité du réseau scientifique, et les activités ayant une temporalité plus courte et contrainte par les sollicitations des autres acteurs du processus, telles que les activités de recherche appliquée et de développement. Ce cadre d'analyse permet de concevoir une gestion de la R-D capable de suivre l'évolution du produit avec plusieurs niveaux d'intégration des activités de recherche.

Les expériences réalisées actuellement dans les entreprises montrent que toutefois les principes de la gestion par projet telle qu'elle a été développée dans un premier temps, sont davantage appropriées aux activités de développement et d'études qu'à celles d'innovation. Le problème central de la gestion par projet telle qu'elle est conçue traditionnellement, ne concerne pas l'innovation, il est de gérer la dimension économique des projets. Cet aspect est mis en évidence par une plus grande facilité à appliquer ce mode de gestion dans le cas des activités de recherche appliquée et de développement que dans celui de la recherche de base. Les activités de recherche appliquée et de production fonctionnent selon des logiques semblables, en ce qui concerne notamment le respect des délais, la limitation des coûts et la prise en compte des critères de qualité. La logique de fonctionnement de la recherche de base est plus orientée vers la créativité et l'innovation. L'application de la gestion par projet à l'ensemble des activités de R-D suppose un élargissement de ce système de gestion, et en particulier l'aménagement et la réduction des contraintes de façon à pouvoir faire intervenir la R-D comme véritable acteur dans les projets et à pouvoir prendre en compte les objectifs des activités de recherche. Un tel élargissement aurait pour effet notamment de faire de la gestion par projet un lieu d'articulation entre des temporalités différentes et entre plusieurs types d'objectifs.

Cette forme de gestion doit s'accompagner d'une forme adaptée de gestion du personnel de recherche. La gestion des ressources humaines est appelée à jouer ici un rôle central en assurant le découplage au niveau des équipes et des individus, entre ceux dont l'activité, liée à la recherche amont, correspond à une certaine temporalité et ceux dont l'activité repose plutôt sur une logique d'expertise, d'approfondissement d'une technique de pointe, d'appui pour l'ensemble du processus de développement technologique.

2. La place du laboratoire industriel

Le laboratoire industriel apparaît à la fois comme un lieu de magie, un laboratoire universitaire en exil, un instrument de manipulation des scientifiques au service des entreprises et un organisme de recherche de second rang. L'image de lieu d'invention et de magie est développée plus particulièrement par le reste de la firme. Le laboratoire de l'entreprise est le lieu où naissent les idées nouvelles, susceptibles de transformer le fonctionnement courant de l'entreprise et peut-être la vie quotidienne de chacun. Cette image recouvre un sentiment ambivalent: le laboratoire central fait l'objet à la fois d'une admiration mais également d'une certaine méfiance. Les chercheurs sont valorisés pour leurs qualifications et leurs compétences scientifiques, mais ils sont aussi considérés comme des individus marginaux, peu conscients de la réalité, dont les idées ne sont pas toujours utilisables et applicables aux problèmes concrets. L'aspect magique du laboratoire est renforcé par le sentiment d'incompréhension de la part des personnes extérieures vis à vis de l'activité interne du laboratoire.

L'image de laboratoire universitaire en exil résulte à la fois de l'histoire des laboratoires industriels et de leur mode de fonctionnement. Lorsqu'ils sont apparus au début du XX^e siècle, ils étaient dirigés le plus souvent par des chercheurs universitaires ayant choisi de quitter l'université et de travailler pour les besoins de l'industrie. Le laboratoire universitaire était le modèle à imiter: les Directeurs de Recherche des entreprises avaient pour objectif de recréer l'environnement dans lequel se trouvaient les chercheurs universitaires, considéré comme un milieu plus stimulant que celui de l'entreprise. Cette idée reste fortement présente aujourd'hui. L'image du laboratoire universitaire en exil est entretenue, au niveau du chercheur individuel, par le choix auquel celui-ci est confronté dans sa carrière et par la signification d'un tel choix. Quitter le laboratoire académique est considéré dans de nombreux cas comme une forme d'exil. Les relations fortes entretenues entre les chercheurs qui ont quitté leur centre de recherche universitaire, et qui sont maintenant dans l'industrie, et leur collègues qui sont restés à l'université renforcent cette image.

Le laboratoire industriel est également souvent perçu comme un instrument de manipulation des scientifiques au service de l'entreprise. Cette image est basée sur l'idée selon laquelle les chercheurs académiques sont attirés dans les laboratoires des entreprises

pour y développer des recherches permettant d'accroître les profits réalisés par la firme. L'entreprise peut ainsi s'approprier les résultats de la recherche scientifique et les utiliser dans le cadre de sa stratégie commerciale. Les contraintes industrielles et commerciales qui pèsent sur les chercheurs, et notamment la nécessité de respecter des délais et de privilégier les thèmes de recherche susceptibles d'ouvrir des débouchés sur le marché, renforcent l'aspect d'outil de manipulation par les dirigeants d'entreprise.

Une autre image est souvent attribuée au laboratoire industriel; elle est relative à sa place par rapport au laboratoire universitaire plus académique, dans le monde institutionnel de la recherche; dans ce cadre le laboratoire industriel tend à être considéré comme un organisme de recherche de second rang. Les laboratoires industriels ont été créés au début du XX^e siècle pour appliquer les inventions faites à l'extérieur, par les "inventeurs indépendants", et pour répondre à des problèmes techniques complexes apparus dans l'entreprise faisant appel à des connaissances scientifiques. Cette activité reste dominante aujourd'hui. La recherche de base réalisée dans les laboratoires industriels est une recherche exploratoire orientée vers la mise au point de voies technologiques nouvelles pouvant être utilisées dans le cadre de l'activité de l'entreprise. Le caractère plus prestigieux attribué à la recherche fondamentale, plus généralement effectuée dans les laboratoires publics et universitaires, conduit à considérer le laboratoire industriel comme un organisme de recherche de second rang.

Les diverses interprétations qui ont été faites du rôle et de la place du laboratoire industriel restent simplistes et ne rendent pas compte du caractère complexe de ces organismes. Les laboratoires industriels sont une institution du XX^e siècle; ils résultent de l'interaction complexe entre l'organisation de l'entreprise moderne, les politiques publiques, l'évolution des disciplines et de la communauté scientifiques, l'évolution du contexte international. Leur place et leur rôle dans le monde institutionnel de la recherche d'une part, et au sein de l'entreprise d'autre part, sont en évolution constante et rapide. La situation difficile et complexe dans laquelle se trouve le laboratoire industriel est renforcée par le fait qu'il est le lieu particulier où s'exprime un conflit entre, d'une part, le caractère d'ouverture et d'universalité de la science et le caractère confidentiel et d'orientation par le marché de la recherche industrielle. Tant que les caractéristiques d'autonomie, d'universalité et d'ouverture seront considérées comme une garantie de la qualité de la recherche

scientifique, le laboratoire industriel soumis aux contraintes commerciales conservera son aspect d'institution de recherche de second degré.

Deux éléments essentiels apparaissent actuellement et influent sur l'évolution des laboratoires industriels. D'une part, l'invention a lieu plus souvent dans les grandes entreprises; elle est de moins en moins le fait de chercheurs isolés ou d'entreprises du type "start-up" telles que celles qui ont constitué la Silicon Valley. Elle n'est pas réservée aux laboratoires publics et universitaires, elle apparaît également dans les laboratoires industriels. D'autre part, les laboratoires industriels effectuent à la fois des recherches de base et des recherches appliquées, ce qui contribue à leur donner un caractère spécifique et une place particulière dans les milieux académiques et dans le monde industriel. Ce chevauchement au sein des laboratoires industriels facilite les contacts avec les laboratoires universitaires et entraîne un autre chevauchement entre les laboratoires des entreprises et les laboratoires universitaires. Il se crée ainsi un espace scientifique et technique commun à ces deux types de laboratoires, dans lequel se réalise l'interaction entre recherche de base et recherche appliquée. L'organisation de cet espace au sein duquel la dynamique entre science et technologie est particulièrement forte, constitue un facteur d'innovation important.

a) L'innovation a lieu de plus en plus souvent dans les grandes entreprises

La motivation, à l'origine des premiers laboratoires industriels, notamment ceux créés par des firmes telles que la General Electric, Du Pont de Nemours ou ATT dans les années 1920, consistait à mettre en place une structure intermédiaire entre l'inventeur isolé sans moyens matériels pour développer son invention et l'entreprise sans compétence scientifique pour comprendre l'invention, l'industrialiser et la commercialiser. L'intervention du laboratoire industriel avait lieu dans un second temps, après celle de l'inventeur ou des laboratoires académiques.

Deux éléments ont modifié cette situation. Tout d'abord, les laboratoires industriels ont attiré les chercheurs universitaires qui, malgré les contraintes industrielles et commerciales, continuent à exercer une activité de recherche de base. Ensuite, notamment en ce qui concerne le secteur de l'électronique, le coût de la recherche et le niveau de compétence requis pour travailler aux frontières de la science sont tels que de plus en plus seules les

grandes entreprises peuvent réaliser ce type de recherche. Dans ce contexte, les entreprises ont acquis un certain niveau d'expérience en R-D et ont réalisé des avancées technologiques et scientifiques dans plusieurs domaines simultanément. De plus, elles ont les ressources humaines et financières et les structures qui permettent de poursuivre des recherches interconnectées.

b) Les laboratoires industriels effectuent des recherches de base et des recherches appliquées

La coexistence de ces deux niveaux de recherche au sein des laboratoires industriels est liée au chevauchement croissant entre recherche de base et recherche appliquée. Ce chevauchement se situe à plusieurs niveaux. Tout d'abord, au niveau des objectifs, la recherche académique ne consiste pas seulement à élaborer de nouvelles théories, elle a également pour objectif d'approfondir les théories existantes, de développer le travail expérimental, d'améliorer les connaissances acquises au sein du paradigme scientifique et technique dominant. Ensuite, en ce qui concerne le contenu, la recherche de base ou exploratoire effectuée dans les grands laboratoires industriels traite souvent des mêmes thèmes et utilise des approches semblables à celles utilisées au sein des équipes universitaires. Enfin, du point de vue du comportement des individus, bien que la principale motivation des chercheurs universitaires reste la curiosité intellectuelle, ils sont prêts à suivre des directions qui présentent un intérêt d'un point de vue industriel et permettent de valoriser leurs recherches. Les scientifiques sont très souvent aussi sensibles à l'utilité de leur activité qu'à la liberté d'action qui leur est accordée. Parallèlement, dans les entreprises, bien que l'activité soit guidée par la mise au point de produits ou de processus nouveaux, le chercheur industriel reste motivé par la même curiosité intellectuelle.

Ce chevauchement au niveau de l'activité, renforcé par un comportement et des objectifs semblables au niveau des individus délimite un espace particulièrement important du point de vue de l'innovation technique. Cet espace, relativement restreint, se caractérise par une dynamique forte entre la science et la technologie. L'innovation technique dépend du niveau de développement scientifique atteint et les avancées scientifiques reposent sur les développements techniques réalisés ou en cours de réalisation. Dans ce contexte, le rôle et la place du laboratoire industriel dans le développement de l'innovation technique évoluent; le laboratoire industriel n'intervient plus seulement dans un second temps, il participe à la

"construction" de l'innovation technique. Un des principaux problèmes face à cette évolution est de délimiter la place du laboratoire industriel et du laboratoire universitaire dans le monde scientifique et technique, et de définir leurs rôles respectifs au sein du processus d'innovation.

3 . L'organisation spatiale du processus d'innovation

Les nouvelles formes d'organisation du processus d'innovation privilégient la densification des liens horizontaux comme condition nécessaire au succès de l'innovation; il en découle une tendance à la décentralisation de certaines activités. Ainsi, malgré d'une part, la stabilité propre aux activités de recherche et, d'autre part, les mouvements de centralisation et de rationalisation qui ont lieu actuellement à l'intérieur des firmes, le nombre de sites où sont effectuées des activités de R-D tend à augmenter. La décentralisation des activités de recherche appliquée et de développement entraîne une multiplication des sites de R-D.

Les activités de recherche doivent-elles être regroupées dans un laboratoire ou dispersées dans les divisions? Dans quelle mesure le renforcement des relations transversales exige-t-il la proximité géographique des services concernés? Quelles unités ou services doivent être rapprochés? Ces questions relatives au problème de la centralisation/décentralisation des activités de recherche ne sont pas récentes. L'histoire d'entreprises² ayant répondu alternativement par la dispersion et la centralisation, les différentes formes d'organisation adoptées au cours d'une même période par plusieurs entreprises d'un même secteur telles que Philips et Siemens, la mise en place des deux types de structures au sein d'une même entreprise telle que Thomson montrent qu'il n'existe pas de réponse générale et universelle.

L'étude réalisée dans les trois entreprises Thomson, Philips et Siemens met en évidence le rôle de l'organisation et de la stratégie de la firme dans la configuration spatiale des entreprises, mais également les possibilités d'interaction entre la firme et la région et notamment la capacité des régions à assurer un niveau de développement scientifique et technique favorable au fonctionnement de l'entreprise.

² Voir notamment l'histoire de la compagnie Dupont de Nemours (Hounshell, 1988).

a) Les réorganisations à l'intérieur de la firme

On observe actuellement dans les entreprises des mouvements à la fois de concentration et de répartition des activités de recherche dans la structure. La concentration des activités se traduit, tout d'abord, par le maintien des Directions de la Recherche sous le contrôle de la Direction Générale et leur localisation au siège de la firme, un des objectifs étant d'assurer la cohésion du groupe industriel. Elle se concrétise également par le regroupement des activités de recherche de base au sein d'un laboratoire central. La forme traditionnelle de dispersion de la recherche consiste à décentraliser les activités de recherche appliquée et de développement dans les divisions et à laisser une relative autonomie aux divisions quant à la gestion et à l'orientation de ces activités. Une autre forme de déconcentration se développe actuellement dans le cadre des réseaux scientifiques et techniques. Cette forme d'organisation consiste à répartir les différentes activités scientifiques et techniques entre plusieurs partenaires et à resserrer les liens entre eux. Dans les réseaux établis avec les laboratoires publics, cette opération se traduit pour l'entreprise par une décentralisation de ses activités de recherche de base. La forme des réseaux varie fortement, du simple réseau construit dans l'environnement proche de la firme et basé sur des relations personnelles au réseau établi à un niveau national ou international et institutionnalise dans le cadre d'accords gouvernementaux ou de groupements d'entreprises.

La question pour les entreprises est de déterminer quels niveaux de concentration et de dispersion sont les mieux adaptés à leur situation, la principale difficulté étant de gérer la contradiction entre ces deux formes d'organisation qui, en général, coexistent dans la firme. Les entreprises tentent de faire face à ce problème en favorisant la déconcentration, d'une part, au sein de la firme, par la répartition des activités de recherche dans les divisions, et d'autre part, dans l'environnement de l'entreprise, par une externalisation d'une partie de l'activité de recherche dans les réseaux scientifiques et techniques. Dans ce contexte, la cohésion du groupe industriel est assurée par le renforcement du contrôle de l'ensemble du système de R-D par la Direction de la Recherche. On assiste ainsi à une forme "d'internalisation" des relations entre la R-D et son environnement scientifique au sein du système de recherche de la firme, internalisation relativement informelle qui tente de conserver à la fois les avantages de souplesse et d'autonomie caractéristiques de la

déconcentration et la possibilité de maîtrise et de constitution d'une masse critique de l'activité apportée par la concentration.

Cette évolution a pour effet de renforcer l'interaction entre organisation structurelle et organisation spatiale, cette dernière jouant de plus en plus souvent un rôle actif dans le fonctionnement de l'entreprise et dans le développement de l'innovation. En effet, notamment du fait du rapprochement entre la R-D et le marché, le processus de restructuration des activités de R-D devient plus évolutif: les équipes de recherche sont modifiées plus fréquemment et les sujets changent plus rapidement. Compte tenu de la relative inertie de la recherche au sein de l'entreprise, cette forme de flexibilité est plus facilement assurée au sein des réseaux externes plus souples. On assiste ainsi à un mouvement constant de construction et de réorientation des relations et des réseaux de partenariat. Cette nécessité de changements rapides limite les possibilités de mouvements géographiques et se traduit, d'une part, par une réarticulation spatiale des relations entre les sites, souvent à localisation fixe, et, d'autre part, par la maximisation des formes territoriales existantes.

Sur le plan de l'organisation spatiale, il résulte de cette évolution, différentes formes territoriales, résultant d'une combinaison complexe entre la forme du processus de développement technologique, l'histoire de l'entreprise et sa façon de gérer et d'organiser spatialement la recherche et l'innovation, et les grandes tendances de localisation de l'innovation technologique au sein du secteur industriel. Toutefois, malgré l'intervention de nombreux facteurs et la spécificité de chaque firme, on observe des tendances communes et des évolutions comparables dans des entreprises dont les formes et les histoires spatiales sont très différentes. Ainsi, Thomson, Philips et Siemens conservent leur principal laboratoire près du siège social du groupe et limitent le nombre de sites où sont effectuées des activités de recherche de base; cependant les lieux d'implantation de ces laboratoires sont stratégiques et sont choisis de façon à répondre aux enjeux exprimés à la fois au niveau de l'entreprise et au niveau du secteur; enfin les relations entre les sites et la direction et entre les sites eux-mêmes sont renforcées. Parallèlement, dans les trois firmes les activités de recherche appliquée et de développement sont fortement décentralisées à la fois dans l'organisation structurelle et dans le fonctionnement spatial.

b) L'interaction entre la localisation de la R-D et le développement régional

L'implantation d'activités de R-D est souvent considérée comme un facteur de développement régional à long terme. Cette idée est basée sur l'hypothèse du caractère porteur des industries "high tech", souvent définies comme des industries à forte composante scientifique. Or, la relation entre la localisation des activités de R-D et le développement régional est plus souvent une supposition que le résultat d'études rigoureuses (Malecki, 1986).

L'étude du processus de localisation de la R-D dans les entreprises montre une tendance au renforcement de la concentration des activités de recherche de base dans certaines zones d'agglomération. Il existe parallèlement un mouvement important de décentralisation des activités de recherche appliquée qui offre certaines possibilités d'échanges interindustriels et constitue un potentiel de développement régional. Cependant, les services de R-D décentralisés sont le plus souvent implantés à proximité ou dans les unités de production et de marketing, formant des centres d'activité étroitement liés à la direction centrale de la firme mais relativement indépendants de l'environnement local. Des études réalisées sur les complexes "high-tech", apparus dans les vingt dernières années aux Etats-Unis à la suite du développement de la Silicon Valley³, montrent que cette forme de décentralisation limite fortement les effets d'entraînement de l'activité locale.

En fait, le processus de localisation des activités de R-D dans l'entreprise est en constante interaction avec les modèles de localisation propres à chaque secteur industriel. Or, ces modèles, d'une part, sont basés sur le développement d'un petit nombre de sites stratégiques et, d'autre part, font preuve d'une forte inertie territoriale. Une fois leurs racines établies, les activités d'innovation se déplacent mais sont rarement détruites. Dans le secteur de l'électronique, Berlin où une telle tradition a été fortement érodée pendant la deuxième guerre mondiale (Hall et Preston, 1988) semble réunir de nouvelles conditions et développer de nouvelles opportunités de dynamisme technologique. Siemens, qui a conservé un certain niveau d'activité à Berlin pendant les quarante dernières années et qui en particulier a gardé ses contacts avec ses partenaires industriels d'Allemagne de l'Est, envisage d'y renforcer sa présence. De même, l'axe Boston-New York fait toujours preuve

³ Notamment la région d'Austin au Texas et le Research Triangle Park en Caroline du Nord.

d'une forte capacité de développement technologique. Cette région devient un site stratégique de recherche dans le domaine de l'électronique grand public du fait des récentes décisions prises sur le développement des recherches relatives au système numérique de TVHD. Les trois groupes de recherche constitués sont essentiellement localisés dans cette zone géographique; il s'agit notamment des laboratoires Bell, du MIT, du laboratoire de Philips et du Centre de Recherche David Sarnoff auquel la branche Thomson Consumer Electronics est maintenant associée.

Les entreprises exercent une certaine influence sur l'émergence de telles zones technologiques. Le rôle de Siemens dans le développement économique de Berlin puis de Munich n'est pas à négliger. Cependant, les espaces géographiques influent également sur les décisions des entreprises; les régions caractérisées par un niveau élevé de développement scientifique et technologique constituent à la fois une contrainte et une incitation à la localisation des activités de R-D. Notamment, l'implantation dans de telles régions permet aux entreprises d'attirer et de retenir un personnel de R-D de haute qualification.

La capacité d'une région à créer un environnement permettant d'attirer et de retenir les chercheurs semble jouer un rôle important dans le développement local. Toutefois, les tentatives de création de différentes formes de parcs technologiques ou technopoles, inspirées le plus souvent du phénomène de la Silicon Valley, n'atteignent pas toujours les résultats attendus. Il n'existe pas de modèle à suivre pour les régions qui cherchent à attirer des activités de R-D ou des industries de haute technologie. De plus, la tendance actuelle à favoriser les interactions entre la R-D et les autres activités de l'entreprise rend plus difficile la compréhension du rôle de la R-D dans le développement régional.

Un des problèmes majeurs en ce qui concerne la relation entre la localisation d'activités de R-D et le développement régional est lié à une différence d'horizons stratégiques; l'implantation d'activités de R-D ou d'industries de haute technologie relève de stratégies à long terme alors que les stratégies de développement régional sont établies à court terme.

ANNEXES

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| Les circuits spécifiques | p. 317 |
| Les écrans à cristaux liquides | p. 335 |

Les circuits spécifiques

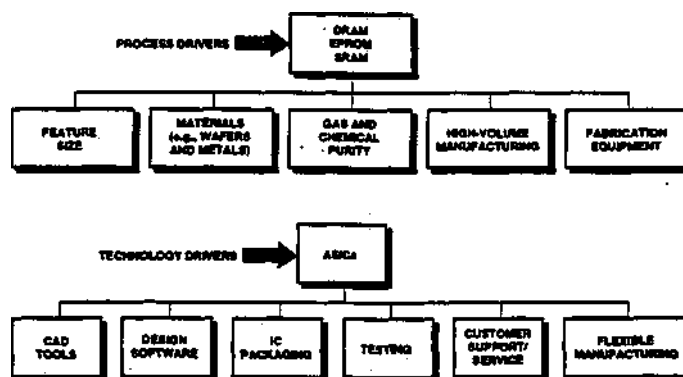
(ASIC: Application Specific Integrated Circuit)

I. Le développement de l'activité ASIC

1. Situation générale

Le rôle stratégique des ASIC

Les ASIC jouent de plus en plus un rôle de moteur dans le domaine des nouvelles technologies pour l'ensemble de l'industrie électronique¹. Alors que les mémoires (DRAM, SRAM et EPROM) sont appelées à exercer une forte influence sur l'évolution des processus de fabrication, les ASIC devraient conduire à des progrès techniques dans le domaine de la production flexible des circuits intégrés, des logiciels et outils CAD, de l'assemblage, des méthodes de test, ainsi que de l'aide à la conception par l'utilisateur. Les progrès techniques qui seront réalisés dans le domaine des circuits standards sont fortement liés à l'évolution technologique des ASIC.



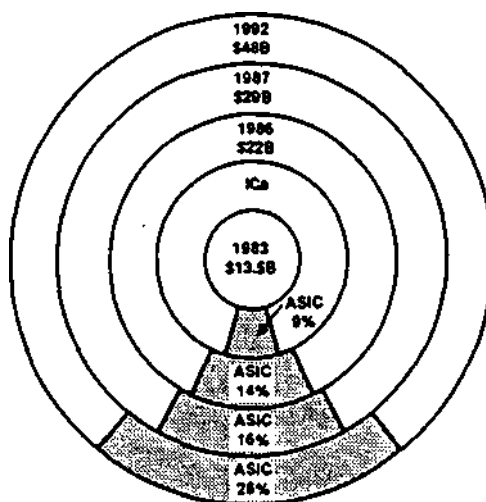
source: ICE

¹ Status 1992. A report on the integrated circuit industry. Ed. by William I. Strauss. Scottsdale, Arizona: Integrated Circuit Engineering Corporation.

Le marché

Le marché des circuits spécifiques connaît un taux de croissance élevé depuis le milieu des années 1980 et n'a pas été affecté comme dans le marché des circuits standards par la récession qui a eu lieu en 1985; le taux de croissance sur le segment des ASIC a été de 10% en 1985. Cette croissance continue, y compris pendant la période de récession, révèle, d'une part, la prise en compte par les constructeurs de systèmes, des possibilités offertes par les circuits spécifiques et, d'autre part, le changement de nature du marché des ASIC; les entreprises utilisatrices ne demandent plus seulement aux fournisseurs d'ASIC de remplacer des cartes encombrantes mais également de concevoir des circuits pour de nouvelles applications.

La croissance du marché mondial des ASIC²



Th» Growing Worldwide Mtrchant ASIC Market

source: ICE

Le marché mondial des ASIC en 1990 était d'environ 5,5 milliards de dollars, détenu pour 46% par les compagnies américaines et pour 45% par les firmes japonaises³.

² Status 1991. A report on the integrated circuit industry. Integrated Circuit Engineering Corporation.

³ Rapport sur l'état de l'industrie américaine des semi-conducteurs en 1991. Services de l'Expansion Economique, Ambassade de France aux Etats Unis, no 68, janvier 1992.

2. L'émergence et l'évolution du secteur des circuits spécifiques

D'un point de vue scientifique et technique, les circuits spécifiques sont issus de la micro-électronique. Les fabricants de composants semiconducteurs ont joué un rôle essentiel dans leur développement technique. Toutefois, compte tenu des fonctionnalités de plus en plus étendues des circuits spécifiques qui permettent de les intégrer dans des systèmes plus complexes, il devient nécessaire de posséder des connaissances et un savoir faire relatifs aux systèmes. Ainsi, la conception des ASIC est de plus en plus assurée par les entreprises utilisatrices, notamment des secteurs de l'informatique, des télécommunications et de l'industrie (de l'automobile, en particulier). Deux grands types de marchés se sont développés: sur le marché des circuits à haute performance, l'objectif est de répondre à des besoins nouveaux que les circuits standards ne peuvent pas satisfaire; sur le marché des circuits de bas de gamme, ils se substituent à des circuits standards moins bien adaptés.

Différentes raisons sont à l'origine du développement des ASIC:

- les avantages techniques

L'utilisation de circuits ASIC permet de limiter le nombre de composants dans un appareil et donc d'augmenter sa fiabilité. Elle permet également de réduire les dimensions du circuit (une carte est remplacée par un seul circuit), ce qui se traduit par une diffusion plus rapide des informations (les matériels atteignent des fréquences plus élevées lorsque la longueur des conducteurs est diminuée). Enfin, les circuits spécifiques éliminent les problèmes techniques liés à la production de petits volumes et à la sous-optimisation des circuits; en effet, les systèmes électroniques sont souvent fabriqués en petites séries et fonctionnent avec des composants standards dont le potentiel est sous-utilisé (souvent à 50%);

- les raisons économiques

Le remplacement de plusieurs composants par un seul permet de diminuer le prix du produit, notamment lorsque celui-ci est fabriqué en séries;

- le problème de la confidentialité

Il devient impossible de comprendre comment un système électronique a été construit et comment il fonctionne quand il est concentré sur une puce.

II. L'évolution technologique

1. Les semiconducteurs: définitions

Les semiconducteurs sont des matériaux dont les propriétés électriques sont à la fois conductrices et isolantes. Un transistor est un composant semiconducteur qui peut, à condition d'utiliser un matériau semiconducteur, soit amplifier (cas des composants linéaires), soit convertir du courant électrique (composants numériques). Il existe deux catégories de transistors, bipolaires et à effet de champ (ou unipolaire). Les composants MOS (Metal-Oxyde Semiconductor) représentent la plus grande partie des transistors à effet de champ. Dans les composants MOS, le courant électrique passe d'une zone négative (n) à une zone positive (p) au lieu de traverser une succession de zones n.p.n ou p.n.p. Leur avantage par rapport aux composants bipolaires est qu'ils consomment moins d'énergie et que le processus d'exécution des commandes est plus simple (nombre d'étapes plus faible). Le développement de la technologie MOS dans les années 1960 a conduit à la mise au point du circuit intégré en 1970-1971. Les premiers circuits intégrés étaient des microprocesseurs 4 bits et des mémoires DRAM (Dynamic Random Access Memory) 1K. Le circuit intégré monolithique a dominé le marché depuis que les composants discrets, seuls composants semiconducteurs produits pendant les années 1950, ont remplacé les tubes électroniques.

Un circuit intégré est un composant semiconducteur, souvent appelé puce électronique, qui concentre un grand nombre de transistors ou d'éléments tels que des diodes ou des composants passifs sur une même unité de surface de matériau. On distingue trois étapes de fabrication: (1) la conception du circuit (design) et la fabrication des masques, (2) la fabrication du circuit sur la surface de silicium, et (3) le test et l'assemblage du circuit. Ces étapes se déroulent très souvent sur des sites différents, ce qui conduit à une intégration verticale internationale à l'intérieur de la firme. La densité ou intégration du nombre de transistors a augmenté régulièrement et de manière significative depuis la mise au point du premier circuit intégré. Qu'il s'agisse de produits intermédiaires ou de composants principaux, les circuits intégrés jouent un rôle crucial, équivalent à celui de l'acier, dans la production des biens de d'équipement et de consommation.

Les circuits intégrés peuvent être classés selon la technologie utilisée. Les premiers circuits étaient bipolaires. Les circuits MOS sont apparus en 1962; ils comprennent trois catégories: (1) les circuits nMOS, dans lesquels les canaux chargés négativement sont majoritaires, (2) les circuits pMOS, caractérisés par une plus forte proportion de canaux chargés positivement, et (3) les circuits CMOS, Complementary MOS, comprenant des canaux chargés positivement et des canaux chargés négativement. Les avantages des circuits CMOS par rapport aux circuits bipolaires se mesurent en termes de consommation d'énergie, de densité et de rendement de production, et se traduisent par une diminution du coût des composants. Les circuits bipolaires sont les plus performants, du point de vue de la rapidité de traitement des informations.

Ils peuvent également être différenciés selon le degré d'intégration des composants. Le nombre de composants actifs dans les circuits SSI (small-scale integration) est inférieur à 100, dans les circuits MSI (medium-scale integration) il est compris entre 100 et 999; dans les circuits LSI (large-scale integration), il varie de 1000 à 99 999 et dans les circuits VLSI (very large scale integration) il est compris entre 100 000 et 999 999.

Un troisième type de classification peut être appliqué aux circuits numériques; la distinction est basée sur les fonctions des circuits. On considère, d'une part, les mémoires dont la fonction consiste à stocker les informations et, d'autre part, les microprocesseurs, les microcontrôleurs et les composants logiques qui traitent l'information. La capacité de stockage des mémoires est mesurée en unités de 1000 bits ou kilobits (K). Les microprocesseurs sont classés selon le nombre de bits qu'ils peuvent traiter simultanément. Les mémoires sont des composants homogènes et interchangeables. Au contraire, les microprocesseurs se différencient par des conceptions spécifiques et ne peuvent fonctionner qu'avec des logiciels adaptés à leurs circuits.

2. Les ASIC

- Définitions

Selon ICE, les ASIC comprennent les circuits prédiffusés ("gate arrays"), les circuits précaractérisés ("standard cells"), les circuits à la demande ("full customs") et les circuits logiques programmables ("PLD: programmable logic devices"). Ils sont regroupés en trois catégories: semicustoms, customs, réseaux logiques programmables.

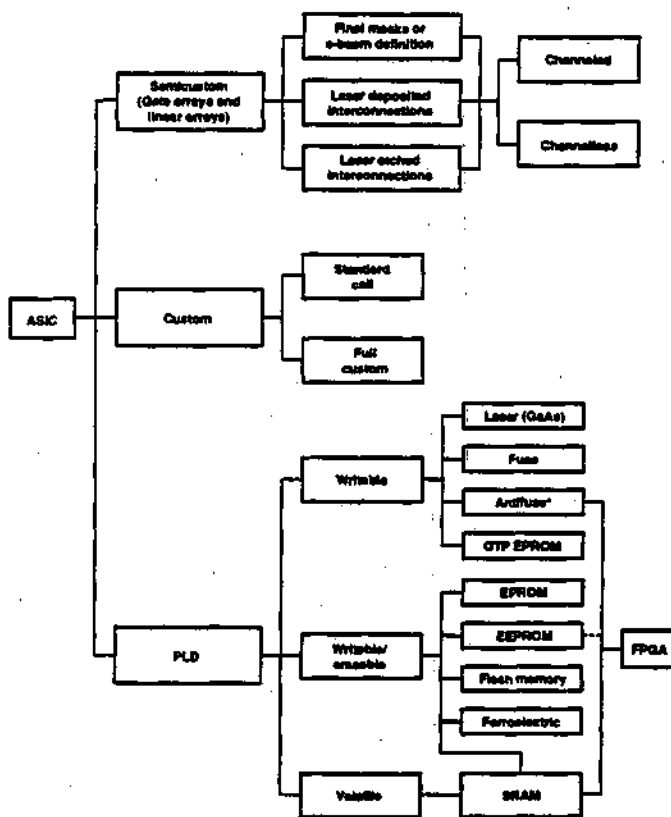
Les semicustoms: il s'agit de circuits dont l'architecture, constituée de rangées de transistors, est standard. Le système de connexion, réalisé par une ou plusieurs couches de métallisation, donne au circuit les fonctionnalités demandées par l'utilisateur. On distingue les "gate arrays", prédiffusés classiques, et les "linear arrays" constitués de transistors et de résistances permettant d'assurer les fonctions de plusieurs circuits intégrés linéaires et de composants discrets. Les circuits "channelless" (ou "sea of gates") ne comprennent pas de canaux d'interconnexion; toute la surface de silicium est utilisée pour les transistors et les portes logiques, ce qui permet d'accroître la partie active du circuit.

Les customs: il s'agit de circuits entièrement personnalisés et vendus à un seul utilisateur. Ils comprennent:

- . les circuits précaractérisés, "standard cells integrated circuits": dans ce type de circuit, l'architecture est conçue à partir de cellules de base plus ou moins complexes, précaractérisées et stockées dans des bibliothèques. Ces cellules sont constituées de portes logiques, de mémoires ou de systèmes numériques complexes tels que des coeurs de microprocesseurs, ou encore de systèmes analogiques élémentaires ou complexes tels que des amplificateurs ou des comparateurs. L'architecture est définie en fonction des spécifications de l'utilisateur: le type de cellules et leur emplacement sont déterminés selon les fonctionnalités à donner au circuit. Cette catégorie d'ASIC comprend également les circuits spécifiques conçus à l'aide d'un compilateur de silicium;
- . les circuits "full customs": l'architecture du circuit et les connexions sont propres à chaque circuit. Les cellules de base sont conçues individuellement, les bibliothèques ne sont pas utilisées, et les connexions sont réalisées sans l'aide d'un compilateur de silicium.

Les réseaux logiques programmables (PLD): ce type de circuit a pour principale caractéristique de pouvoir être programmé, une ou plusieurs fois, par l'utilisateur. Dans cette catégorie sont inclus les "Field Programmable Gate Arrays" (FPGA) qui offre une plus grande flexibilité de programmation des connexions et de l'architecture du circuit.

Les différents types de circuits spécifiques



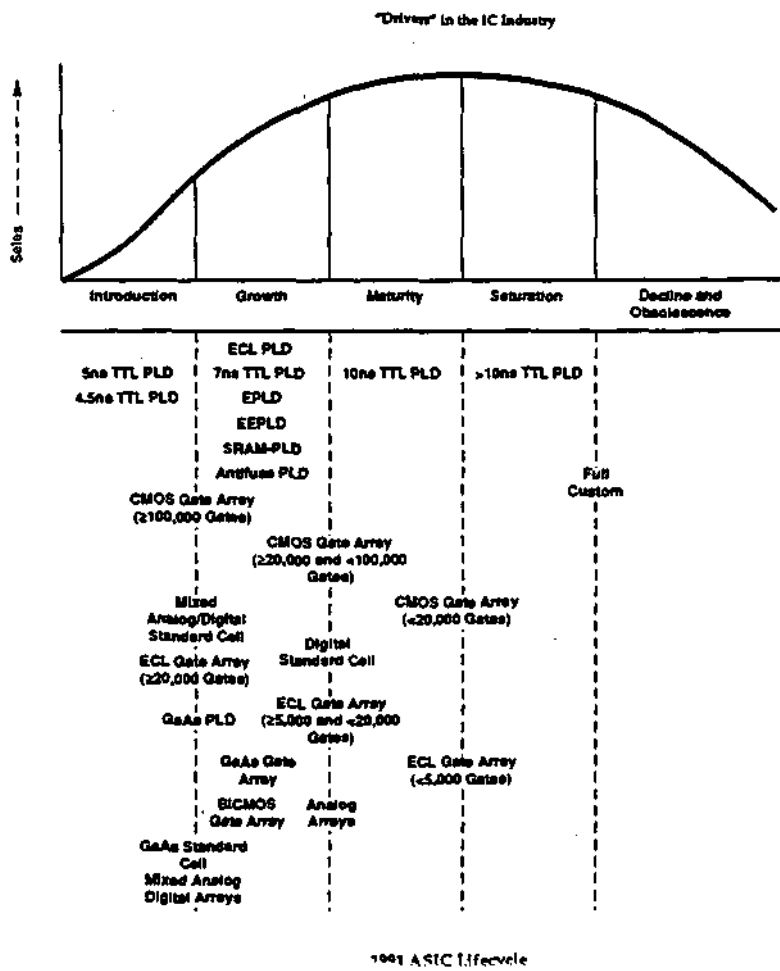
*Includes amorphous silicon

source: ICE

Il est important de noter que les ASIC, selon ICE, ne comprennent pas les circuits standards conçus à l'aide d'outils ou de technologies ASIC; ces circuits sont parfois appelés "Application Specific Standard Products, ASSP.

- Le cycle de vie des ASIC

La localisation des grandes familles d'ASIC sur la courbe du cycle du produit montre que la majorité des familles technologiques sont encore en phase de croissance. On note également que les ASIC en phase d'émergence ou de croissance en 1991 sont caractérisés par des densités d'intégration plus grandes et de nouvelles approches technologiques; il s'agit essentiellement des circuits ECL, PLD et BiCMOS (circuits utilisant les deux types de cellules, numériques et analogues).



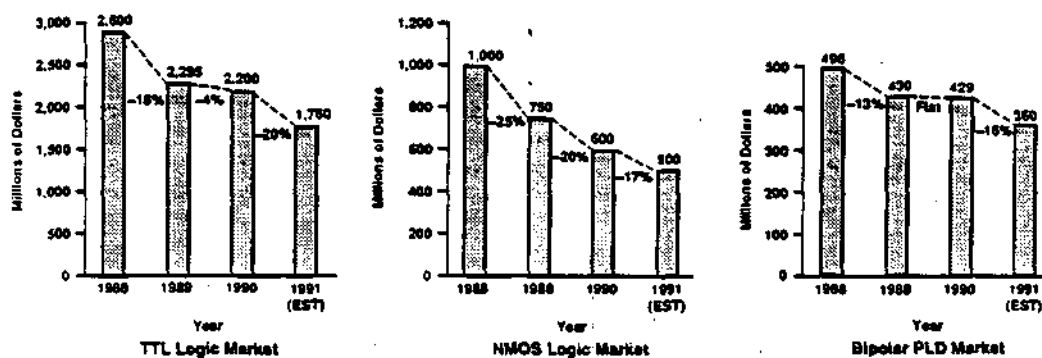
source: ICE

in. Le marché

1. Les technologies

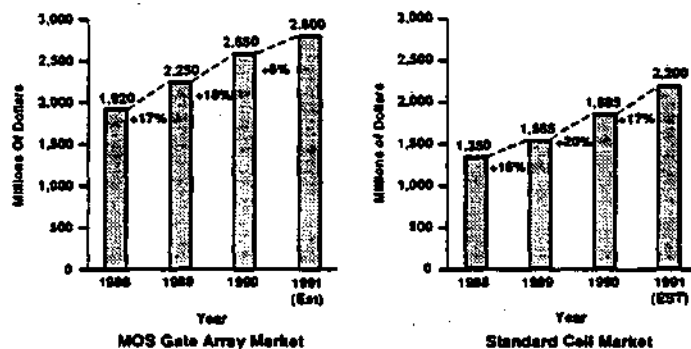
Comparaison entre les A SIC et les circuits standards

Evolution du marché des circuits standards



source: ICE

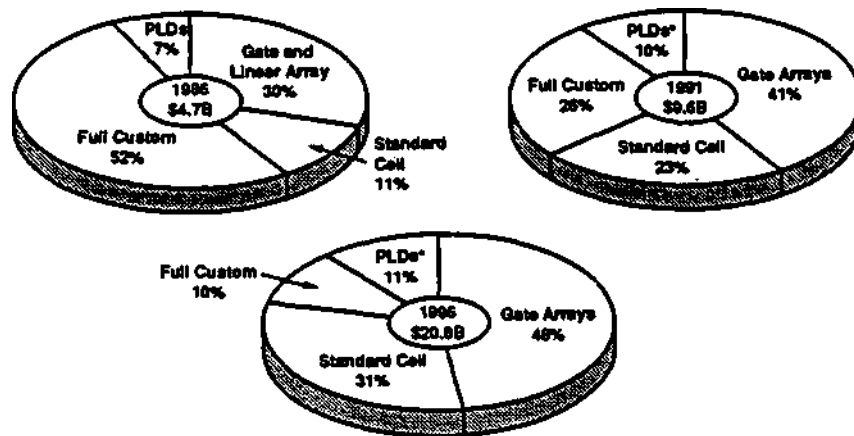
Evolution du marché des ASIC



source: ICE

L'évolution technique dans le domaine des ASIC se traduit en particulier par un accroissement des densités d'intégration. En 1975, les circuits TTL comprenaient 100 portes; en 1984, les prédifusés avaient 10 000 portes. En 1991, Mitsubishi annonce des circuits prédifusés de plus de 250 000 portes. L'augmentation du nombre de portes permet d'intégrer plusieurs fonctions sur une seule puce électronique. Il en résulte un accroissement de la fiabilité, une réduction d'énergie et une maximisation de la surface de silicium.

- Comparaison entre les technologies ASIC



-FPQAA 2% In 1891,4% In 1896.

ASIC Product MaikUhaie

source: ICE

La part de marché des circuits prédifffusés, des précaractérisés et des réseaux logiques programmables MOS devrait augmenter dans les prochaines années au détriment des circuits "full custom". Le taux de croissance des prédifffusés, jusqu'en 1996, devrait être plus faible que celui des précaractérisés; toutefois les premiers continueront à représenter la plus grande part du marché.

2. Les vendeurs

Parmi les 15 principaux vendeurs d'ASIC, on trouve 7 Compagnies (Fujitsu, NEC, Toshiba, Texas Instruments, Hitachi, Motorola et Matsushita) qui figurent parmi les 10 premiers fabricants de semiconducteurs. Au sein de ce groupe, on observe des stratégies très différentes en ce qui concerne l'activité ASIC; les ventes d'ASIC représentent 29% du montant total des ventes de circuits intégrés pour Fujitsu, et seulement 6% pour Motorola et pour Hitachi. La firme Xilinx a un profil particulier: elle produit uniquement des réseaux logiques programmables du type FGPA et elle est la seule à ne pas posséder d'unité de fabrication.

1991 ASIC Sales Leaders

| RANK | COMPANY | GATE AND LINEAR ARRAY SALES (\$M) | STANDARD CELL SALES (\$M) | PLD SALES (\$M) | TOTAL ASIC SALES (\$M) | PERCENT OF TOTAL COMPANY IC SALES | 1991 IC SALES (\$M) |
|------|-------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| 1 | Fujitsu | 700 | 105 | — | 805 | 39 | 3,125 |
| 2 | NEC | 570 | 85 | — | 655 | 14 | 4,585 |
| 3 | LSI Logic | 490 | 50 | — | 540 | 53 | 580 |
| 4 | Toshiba | 340 | 135 | 5 | 480 | 12 | 4,100 |
| 5 | TI | 45 | 300 | 116 | 461 | 17 | 2,780 |
| 6 | AT&T | 72 | 330 | 6 | 410 | 58 | 740 |
| 7 | AMD | 12 | — | 280 | 295 | 25 | 1,180 |
| 8 | Old | 141 | 120 | — | 261 | 24 | 1,100 |
| 9 | Hitech | 207 | 10 | — | 217 | 6 | 3,680 |
| 10 | National | 152 | 23 | 37 | 212 | 19 | 1,540 |
| 11 | VTI | 55 | 135 | 2 | 192 | 80 | 365 |
| 12 | Motorola | 100 | — | — | 100 | 6 | 3,030 |
| 13 | Mitsubishi | 125 | 60 | — | 185 | 12 | 1,530 |
| 14 | GEC Plessey | 60 | 45 | 7 | 112 | 42 | 345 |
| 15 | Xilinx | — | — | 100 | 100 | 100 | 100 |

*Not including full custom
**Include FPGA Sales

source: ICE

Actuellement le nombre de vendeurs tend à diminuer dans l'ensemble du secteur des circuits intégrés. Les utilisateurs d'ASIC renforcent cette évolution dans la mesure où ils s'adressent le plus souvent aux fabricants les plus connus et qui offrent un large éventail de produits, standards et spécifiques.

Le marché des prédifusés l'ate arrays^

Ce marché est le plus important dans le secteur des ASIC; il est dominé par les entreprises japonaises qui ont réalisé 64% des ventes en 1991. Les ventes réalisées par les deux firmes Fujitsu et NEC représentent plus du tiers du marché.

Merchant Gate Array Manufacturers (\$M)

| COMPANY | 1990 | | | 1991 (EST) | | | 1991/1990 PERCENT CHANGE |
|-----------------|-------|---------|-------|------------|---------|-------|--------------------------|
| | MOS | SIPOLAR | TOTAL | MOS | SIPOLAR | TOTAL | |
| Fujitsu | 373 | 373 | 750 | 385 | 405 | 790 | 8 |
| NEC | 410 | 125 | 545 | 430 | 180 | 610 | 11 |
| LSI Logic | 461 | — | 461 | 480 | — | 480 | 0 |
| Toshiba | 340 | — | 340 | 380 | — | 380 | 11 |
| Hitech | 158 | 45 | 203 | 185 | 82 | 267 | 32 |
| Motorola | 45 | 131 | 176 | 70 | 116 | 186 | 6 |
| Old | 130 | 5 | 135 | 135 | 8 | 143 | 4 |
| Mitsubishi | 120 | — | 120 | 125 | — | 125 | 4 |
| National | 65 | 30 | 95 | 70 | 32 | 102 | 6 |
| GEC Plessey | 50 | 5 | 55 | 50 | 5 | 55 | 0 |
| Mitsubishi | 60 | — | 60 | 65 | — | 65 | 8 |
| VLSI Technology | 53 | — | 53 | 58 | — | 58 | 9 |
| AT&T | — | 45 | 45 | 5 | 45 | 50 | 11 |
| TI | 40 | 4 | 44 | 43 | 2 | 45 | 2 |
| Sharp | 40 | — | 40 | 45 | — | 45 | 13 |
| Siemens | 5 | 20 | 25 | 5 | 30 | 35 | 40 |
| SGS-Thomson | 20 | — | 20 | 20 | — | 20 | 0 |
| AMCC | 6 | 24 | 30 | 6 | 24 | 30 | 0 |
| Raytheon | — | 32 | 32 | — | 30 | 30 | -6 |
| S-MOS/Seiko | 25 | — | 25 | 27 | — | 27 | 8 |
| Philips/Philips | 10 | 7 | 17 | 10 | 7 | 17 | 0 |
| Geohd AMI | 12 | — | 12 | 13 | — | 13 | 8 |
| Rohm | 13 | — | 13 | 13 | — | 13 | 0 |
| Vitesse | 9 | — | 9 | 13 | — | 13 | 67 |
| ISI | 13 | — | 13 | 14 | — | 14 | 8 |
| Picon | 12 | — | 12 | 14 | — | 14 | 17 |
| MHS | 11 | — | 11 | 12 | — | 12 | 10 |
| Sony | — | 5 | 5 | — | 13 | 13 | 160 |
| AMD | — | 17 | 17 | — | 12 | 12 | -29 |
| NEC | 12 | — | 12 | 12 | — | 12 | 0 |
| Occident | 10 | — | 10 | 12 | — | 12 | 20 |
| Hughes | 10 | — | 10 | 10 | — | 10 | 0 |
| Sony | 10 | — | 10 | 10 | — | 10 | 0 |
| Samsung | 5 | — | 5 | 5 | — | 5 | 0 |
| Atmel | 8 | 1 | 9 | 8 | 1 | 9 | 0 |
| TruQuint | 5 | — | 5 | 7 | — | 7 | 40 |
| AMD | 5 | — | 5 | 5 | — | 5 | 0 |
| UTMC | 6 | — | 6 | 4 | — | 4 | -33 |
| Harris | 4 | — | 4 | 4 | — | 4 | 0 |
| AMS | 4 | — | 4 | 4 | — | 4 | 0 |
| Universal | 3 | — | 3 | 3 | — | 3 | 0 |
| Others | 84 | 44 | 128 | 67 | 47 | 114 | 9 |
| Total | 2,650 | 935 | 3,585 | 2,900 | 875 | 3,775 | 5 |

source: ICE

Le marché des précaractérisés (standard cells)^

Les firmes AT&T et Texas Instruments sont leaders sur ce marché. Les entreprises de Corée et de Taiwan tentent actuellement de pénétrer ce marché; la firme coréenne Hyundai* Electronic Industries, qui a signé récemment un accord avec LSI Logic, annonce pour 1992 le lancement d'un circuit précaractérisé (0,8µ) entièrement réalisé par les Coréens. Siemens est actuellement une des principales entreprises, avec Harris, à produire des ASIC dans le domaine de l'électronique de puissance; ce nouveau type de circuit utilise une technologie basée sur celle des circuits précaractérisés.

Standard Cell IC Manufacturers (\$M)*

| COMPANY | 1990 | | | 1991 (EST) | | | 1991/1990 PERCENT CHANGE |
|-----------------------|-------|---------|-------|------------|---------|-------|--------------------------------|
| | MOS | BIPOLAR | TOTAL | MOS | BIPOLAR | TOTAL | |
| AT&T | 300 | — | 300 | 330 | — | 330 | 10 |
| Ti | 230 | — | 230 | 300 | — | 300 | 30 |
| VTI | 120 | — | 120 | 135 | — | 135 | 13 |
| Toshiba | 120 | — | 120 | 135 | — | 135 | 13 |
| Old | 85 | — | 85 | 120 | — | 120 | 28 |
| Fujitsu | 80 | — | 80 | 100 | 5 | 105 | 31 |
| NCR | 82 | — | 82 | 85 | — | 85 | 3 |
| Mitec | 69 | — | 69 | 75 | — | 75 | 9 |
| Matsushita | 50 | — | 50 | 60 | — | 60 | 20 |
| NEC | 40 | — | 40 | 55 | — | 55 | 38 |
| LSI Logic | 43 | — | 43 | 50 | — | 50 | 16 |
| GEC Plessey | 23 | 13 | 36 | 30 | 15 | 45 | 25 |
| SGS-Thomson | 36 | — | 36 | 45 | — | 45 | 25 |
| IMP | 45 | — | 45 | 45 | — | 45 | — |
| Sharp | 35 | — | 35 | 40 | — | 40 | 14 |
| AMS | 35 | — | 35 | 40 | — | 40 | 14 |
| Standard Microsystems | 30 | — | 30 | 35 | — | 35 | 17 |
| Mitsubishi | 30 | — | 30 | 35 | — | 35 | 17 |
| ESZ | 28 | — | 28 | 35 | — | 35 | 25 |
| Philips/Signetica | 20 | 2 | 22 | 30 | 3 | 33 | 50 |
| Ricoh | 28 | — | 28 | 30 | — | 30 | 7 |
| Siemens | 22 | — | 22 | 30 | — | 30 | 36 |
| Sierra | 27 | — | 27 | 28 | — | 28 | 7 |
| Mitel | 20 | — | 20 | 24 | — | 24 | 20 |
| Intel | 20 | — | 20 | 23 | — | 23 | 15 |
| National | 16 | 2 | 18 | 20 | 3 | 23 | 28 |
| S-MOS/Seiko | 17 | — | 17 | 20 | — | 20 | 18 |
| Harris | 18 | — | 18 | 18 | — | 18 | — |
| Hughes | 16 | — | 16 | 18 | — | 18 | 13 |
| Gould/AMI | 10 | — | 10 | 13 | — | 13 | 30 |
| Sony | 10 | — | 10 | 12 | — | 12 | 20 |
| Honeywell | 10 | — | 10 | 12 | — | 12 | 20 |
| VTC | 10 | 18 | 28 | — | 11 | 11 | -58 |
| Molt | 9 | — | 9 | 10 | — | 10 | 11 |
| Hitachi | 10 | — | 10 | 10 | — | 10 | — |
| Exer | 7 | — | 7 | 9 | — | 9 | 28 |
| Analog Devices | 6 | — | 6 | 6 | — | 6 | — |
| Vitesse | 3 | — | 3 | 7 | — | 7 | 133 |
| TriQuint** | 5 | — | 5 | 7 | — | 7 | 40 |
| Samsung | 5 | — | 5 | 7 | — | 7 | 40 |
| IBM | 4 | — | 4 | 4 | — | 4 | — |
| Others | 50 | 8 | 58 | 54 | 8 | 62 | 7 |
| Total | 1,844 | 41 | 1,885 | 2,155 | 45 | 2,200 | 17 |

* Includes mixed-mode.

** GaAs standard cells.

source: ICE

Le marché des réseaux logiques programmables

Xilinx et Actel, qui sont les principaux producteurs de circuits FPGA (nouveau type de circuit PLD), enregistrent les taux de croissance les plus élevés sur le marché des PLD. Philips occupe la 4ème place sur le marché des circuits PLD bipolaires après AMD, Texas Instruments et National Semiconductors.

PLD* Sales by Vendor 1990-1991 (\$M)

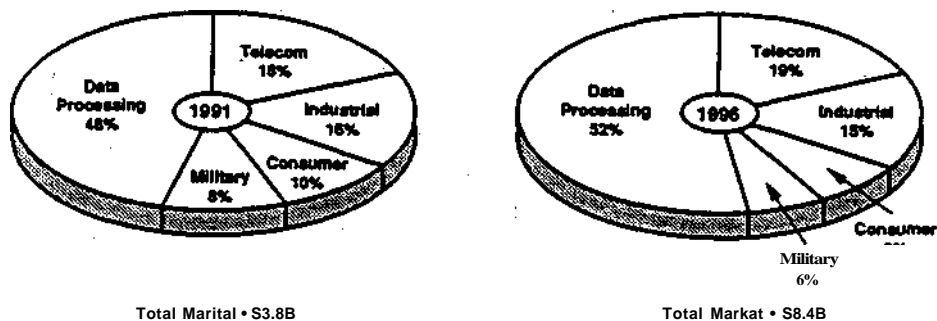
| COMPANY | 1990 | | | 1991 (EST) | | | 1991/1990 PERCENT CHANGE |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------|
| | MOS | BIPOLAR | TOTAL | MOS | BIPOLAR | TOTAL | |
| AMD | 38 | 260 | 298 | 75 | 208 | 283 | -5 |
| Ti | 8 | 105 | 113 | 18 | 98 | 116 | 3 |
| Xilinx | 73 | — | 73 | 109 | — | 109 | 48 |
| Altera | 68 | — | 68 | 98 | — | 98 | 37 |
| Lattice | 64 | — | 64 | 63 | — | 63 | -2 |
| Cypress | 45 | — | 45 | 50 | — | 50 | 11 |
| National | 13 | 27 | 40 | 15 | 22 | 37 | -9 |
| Philips/Signetics | 2 | 37 | 39 | 2 | 32 | 34 | -13 |
| Intel | 30 | — | 30 | 33 | — | 33 | 10 |
| Actel | 20 | — | 20 | 29 | — | 29 | 45 |
| Ricoh | 10 | — | 10 | 12 | — | 12 | 20 |
| AT&T | 5 | — | 5 | 8 | — | 8 | 60 |
| Atmel | 7 | — | 7 | 8 | — | 8 | 14 |
| GEC Plessey | 5 | — | 5 | 7 | — | 7 | 40 |
| Gould AMI | 5 | — | 5 | 7 | — | 7 | 40 |
| Others | 23 | — | 23 | 31 | — | 31 | 35 |
| Total | 416 | 428 | 845 | 560 | 360 | 920 | 9 |

Includes FPGAs source: ICE

3. Les utilisateurs

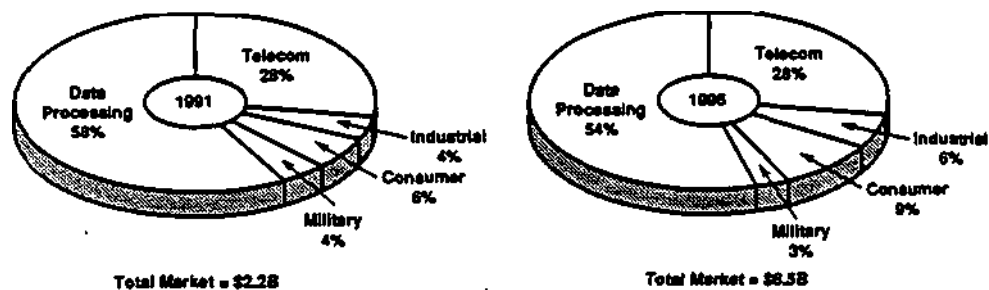
Les secteurs de l'informatique et des télécommunications sont les principaux utilisateurs de circuits spécifiques; les prévisions faites en ce qui concerne l'évolution du marché mondial jusqu'en 1996 montrent qu'ils devraient conserver cette position.

Circuits prédiffusés: les principaux secteurs de consommation en 1991 et 1996



source: ICE

Circuits précaractérisés: les principaux secteurs de consommation en 1991 et 1996

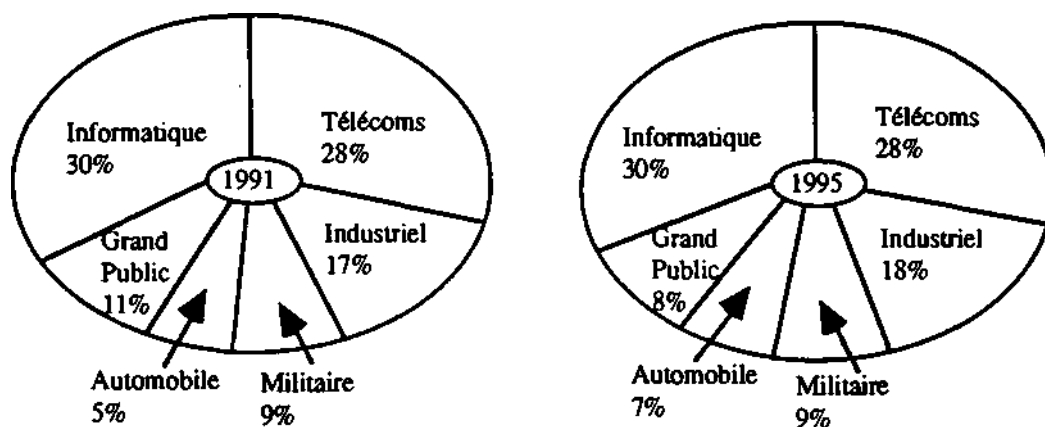


Standard Cell Market by Application

source: ICE

Les prévisions faites en ce qui concerne l'évolution du marché européen montrent la même tendance.

ASIC: les principaux secteurs de consommation en Europe en 1991 et 1995

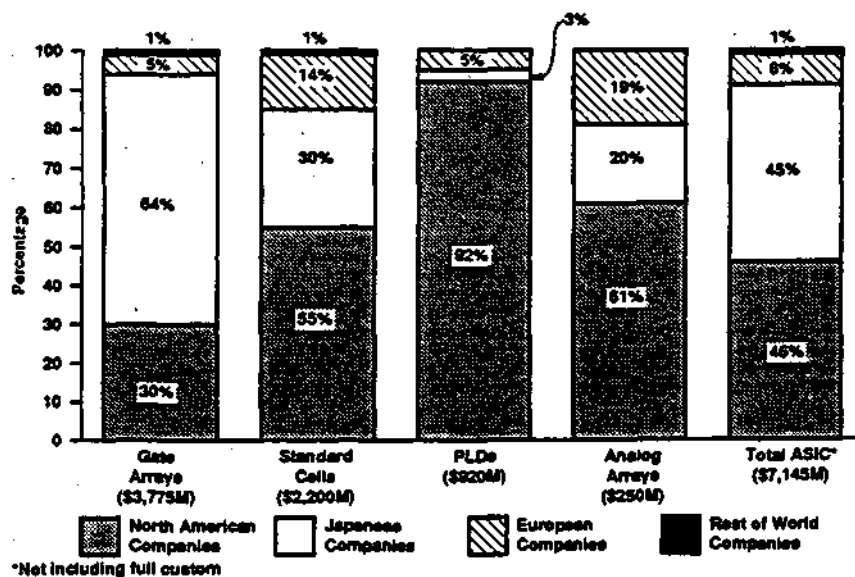


source: Dataquest, Electronique Hebdo

4. Les secteurs géographiques

Le marché mondial

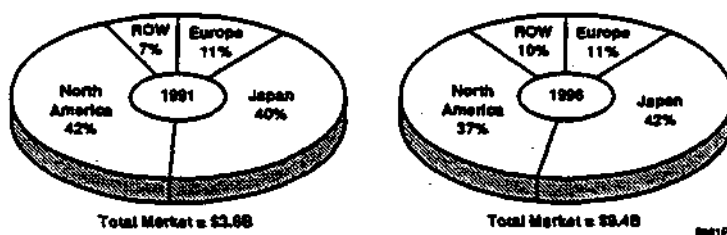
Les producteurs nord-américains occupent la première place sur le marché pour trois des quatre grandes catégories d'ASIC en 1991. Cependant, la somme des ventes réalisées sur ces trois segments de marché reste très inférieure au montant des ventes réalisées sur le marché des prédiffusés, détenu pour une large part par les firmes japonaises.



1991 ASIC Segment Marketshare

source: ICE

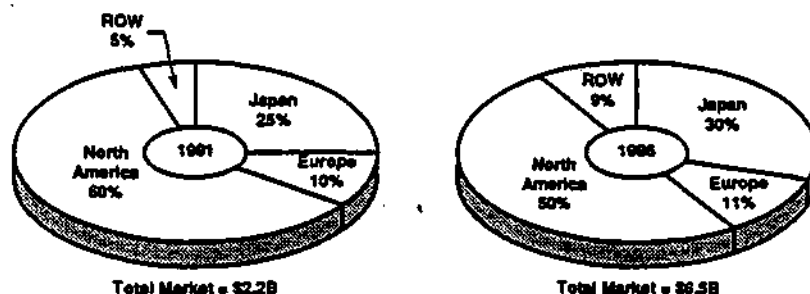
Le marché mondial des circuits prédiffusés: répartition par secteur géographique en 1991 et 1996



Worldwide Gate Array Market by Geographical Sector

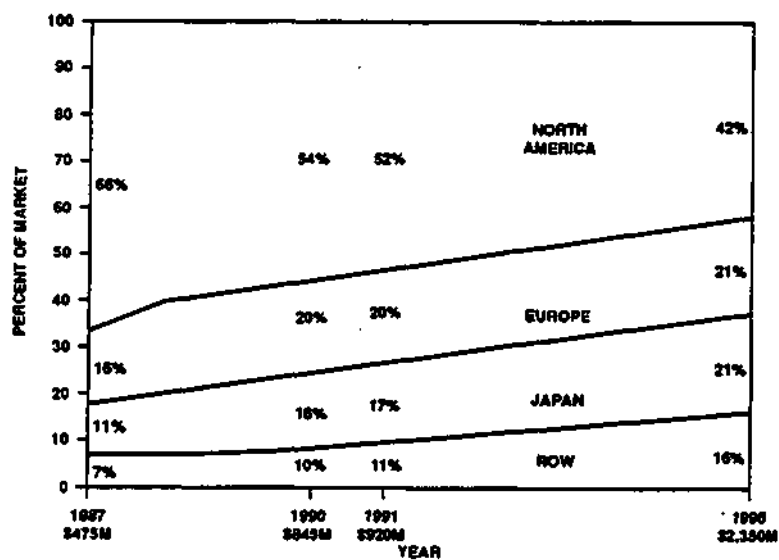
source: ICE

Le marché mondial des circuits précaractérisés: répartition par secteur géographique en 1991 et 1996



source: ICE

Le marché mondial des réseaux logiques programmables: répartition par secteur géographique en 1991 et 1996

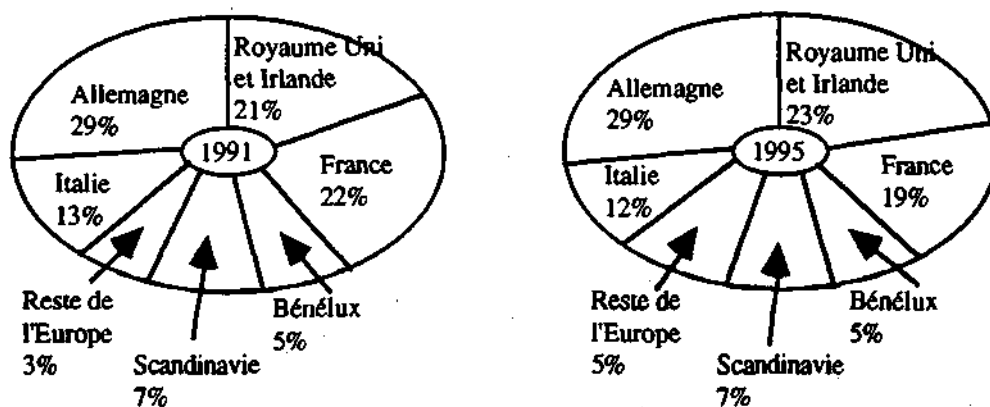


source: ICE

Le marché européen

Le marché européen des circuits spécifiques a atteint 1465 millions de dollars en 1991; il est estimé à 2803 millions de dollars pour 1995⁴. La part des entreprises françaises sur ce marché a tendance à diminuer, en raison notamment du comportement des petites et moyennes entreprises plus résistantes à l'utilisation des circuits spécifiques en France que dans les autres pays, en particulier en Grande-Bretagne et en Allemagne.

Le marché européen des ASIC en 1991 et 1995: répartition par pays



source: Dataquest, Electronique Hebdo

⁴ Electronique International Hebdo, Dossier ASIC, no 020, 23 mai 1991.

Les écrans à cristaux liquides (LCD: Liquid Crystal Display)

I. Présentation

Le marché des écrans à cristaux liquides est étroitement lié au développement des ordinateurs portables et des ordinateurs de poche, ce qui se traduit par l'ouverture de débouchés commerciaux plus importants sur le marché de l'électronique grand public que sur celui de l'électronique professionnelle. Les progrès réalisés dans le domaine des écrans LCD couleur renforce cette tendance. Les technologies d'écrans à cristaux liquides semblent également intéresser des marchés tels que les téléphones portables et le matériel de bureau.

L'incertitude économique actuelle rend les prévisions difficiles. Au niveau du secteur de l'électronique, les compagnies japonaises ont enregistré une baisse de 30% de leurs ventes au début de l'année 1992; sur le marché des écrans LCD, la diversité des produits dans lesquels peuvent être intégrés ce type d'écrans (ordinateurs, téléphones,...) accroît l'incertitude sur l'avenir. Toutefois, la qualité des développements techniques actuels dans le domaine des écrans LCD explique que certaines entreprises, telles que Sharp, fondent leurs stratégies sur des prévisions optimistes.

En ce qui concerne les entreprises, les regroupements et les accords de coopération se développent rapidement au niveau mondial (Toshiba/Apple, Fujitsu/Poqet, Hughes/JVC Technologies, Olivetti/DEC, MEI/ATT, Samsung/Goldstar). Parallèlement, des mouvements impondants de restructuration et de rationalisation ont lieu, notamment dans les entreprises japonaises. En Europe, deux fabricants d'écrans LCD ont quitté le marché; les deux firmes les mieux placées dans ce secteur actuellement sont AEG et Philips.

Si le remplacement des tubes cathodiques a constitué un des principaux objectifs du développement des systèmes d'affichage à cristaux liquides, les améliorations techniques

réalisées récemment ont modifié les enjeux. Le développement des écrans plats a été orienté vers de nouveaux marchés et a conduit à l'apparition de nouveaux produits pour lesquels les tubes cathodiques ne peuvent pas être utilisés, notamment les ordinateurs portables et les télévisions miniatures. Les écrans plats sont utilisés plus particulièrement dans certains types de produits, notamment ceux pour lesquels le poids, le volume et la consommation d'énergie constituent des critères commerciaux essentiels. Cependant, les tubes cathodiques restent nettement plus performants en terme de coûts et de qualité de l'affichage sur des écrans de grande dimension, ce qui leur permet de conserver une position dominante sur le marché des téléviseurs.

En 1991, le marché des écrans à cristaux liquides atteignait 3,168 milliards de dollars avec un taux de croissance de 16% par an, alors que le marché des tubes cathodiques s'élevait à 11,610 milliards de dollars, avec un taux de croissance de 8%.

II. Les technologies d'écrans plats

1. Les débuts scientifiques: l'utilisation du silicium amorphe dans la fabrication des transistors.

Jusque dans les années 79-80 peu de recherches portent sur le silicium amorphe; les seules qui soient effectuées dans ce domaine concernent les cellules solaires, le silicium amorphe se couplant particulièrement bien avec la lumière. En 1976 Spear et Le Corber démontrent les propriétés semiconductrices de ce dernier, toujours dans le cadre de recherches sur les cellules photovoltaïques.

En 1979, on envisage d'utiliser ces propriétés pour faire un transistor. Les conséquences sur le plan technologique vont être déterminantes dans l'évolution des écrans à cristaux liquides. Avec les technologies classiques de la micro-électronique basées sur la structure cristalline du silicium, il n'est pas possible de fabriquer des transistors sur une plaque de verre. Dans ces technologies les transistors sont fabriqués à partir d'un substrat de silicium qu'on grave ou qu'on fait "croître", ce qui est impossible à partir d'un substrat de verre. Le silicium amorphe compte tenu de sa forme non cristallisée se prête plus facilement à la fabrication de transistors "en couche mince". Cette technologie utilise des techniques de

dépôt: les transistors sont formés en déposant le semiconducteur sur un substrat et non en le gravant.

Ainsi grâce aux possibilités technologiques ouvertes par les propriétés du silicium amorphe (et non du fait des propriétés intrinsèques de ce matériau) il devenait possible de fabriquer des transistors directement sur des plaques de verre sans avoir à les découper un par un dans du silicium pour les déposer ensuite sur le futur écran. Ensuite l'évolution a été très rapide et en 1982 sont sortis les premiers écrans à cristaux liquides à matrice active.

2. Description des différentes technologies d'écrans plats

Les six principales technologies d'écrans plats comprennent:

- les écrans LCD (Liquid Crystal Display)
- les écrans PDP (Plasma Display Panel)
- les écrans EL (Electroluminescent Displays)
- les écrans VFD (Vacuum Fluorescent Displays)
- les écrans plats développés à partir de la technologie du tube cathodique

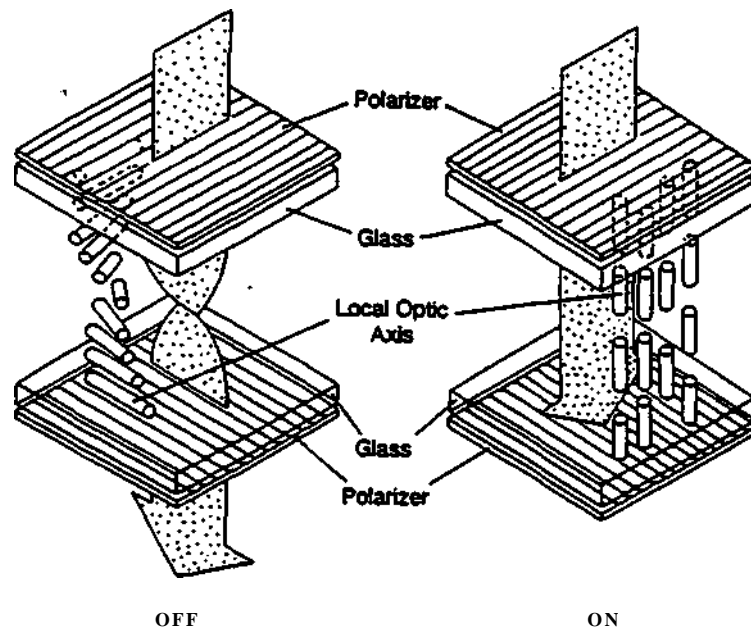
2.1. Les écrans à cristaux liquides

Un écran à cristaux liquides combine deux techniques: une technique d'adressage et une technique d'écran.

| | | techniques d'adressage | |
|--------------------|-----|------------------------|----------------|
| | | multiplexe direct | matrice active |
| techniques d'écran | TN | | x |
| | STN | | x |
| | BCE | x | |

D'un point de vue théorique on pourrait combiner chaque technique de cristaux liquides à chaque technique d'adressage mais dans la pratique, seules certaines combinaisons sont intéressantes, d'autres répondent mal aux critères demandés. Aucune n'est optimale.

Les techniques d'écran sont caractérisées par les méthodes d'affichage. Le cristal liquide est une phase de la matière intermédiaire entre le solide et le liquide qui possède simultanément les propriétés du solide cristallin et des liquides. Le principe de l'affichage à cristaux liquides réside dans la forme et la position des molécules de cristaux liquides entre les deux lames de verre de l'écran. Dans leur position naturelle les molécules laissent passer la lumière; on peut modifier leur organisation en les faisant pivoter par l'application d'une tension électrique, de façon à ce qu'elles ne permettent plus le passage de la lumière.



source: Electronic Display World

Dans les technologies TN et STN, les molécules adoptent au départ une organisation hélicoïdale dans laquelle elles laissent passer la lumière. En les faisant pivoter (de respectivement $1/4$ et $3/4$ de tour), elles ne "conduisent" plus la lumière. Dans la technologie BCE, le mouvement des molécules est différent: au départ les molécules sont orientées perpendiculairement aux plaques de verre, sous l'action de la tension électrique elles "basculent" jusqu'à être parallèles.

Les techniques d'adressage définissent les deux grandes familles technologiques en matière d'écrans à cristaux liquides:

- la première est une famille à haute performance visuelle: cette famille, qui n'est pas encore complètement mise au point est difficile à fabriquer. Elle est basée sur la technologie en couches minces (TFT = Thin Film Transistor) où le silicium est amorphe ou polycristallin. Cette technologie consiste à placer un transistor à chaque intersection de ligne et de colonne de l'écran, donc à chaque point de l'image. L'ensemble des transistors constitue la matrice active. Chaque point image étant isolé du reste de la matrice par le transistor qui le commande, il est insensible aux parasites. Par ailleurs, les transistors permettent d'assurer un effet mémoire garantissant la qualité de l'image. Fabriquer des écrans à matrice active consiste à réaliser des circuits intégrés de très grand format (ce que l'état actuel des connaissances et des compétences ne permet pas de faire), et ayant un rendement de 100%. Cette famille technologique est très bien adaptée aux besoins et aux exigences de la TV.

- la deuxième famille, basée sur la technologie du multiplexe direct, est moins performante mais relativement bien maîtrisée. Les deux techniques d'écran, BCE et STN, sont utilisées, la technique BCE étant toutefois mieux adaptée à la technique d'adressage du multiplexe. L'avantage de cette technologie est qu'elle permet de réaliser des écrans à cristaux liquides de grande taille. Elle répond aux besoins de l'informatique, notamment des micro-ordinateurs et des ordinateurs portables, mais ne répond pas aux exigences de la TV en particulier à cause de l'effet de parasitage dû au multiplexe direct.

Les industriels ont choisi de développer en priorité la combinaison STN/matrice active TFT; la combinaison BCE/multiplexé direct présente trop d'inconvénients au départ pour faire l'objet d'investissements prioritaires: temps de réponse faible, contraste trop réduit pour être compatible avec la couleur, définition (nombre de lignes de l'écran) trop limitée.

2.2. Les écrans PDP

Cette technologie est basée sur le principe du tube à néon: des gaz inertes tels que l'hélium, le néon, l'argon, le xénon, enfermés dans une enveloppe de verre, sont soumis à une tension électrique qui provoque une ionisation du gaz et produit un "plasma".

2.3 Les écrans EL

Basé sur le phénomène d'électroluminescence, le développement de ces écrans avait pour objectif de remplacer l'éclairage traditionnel par les lampes et de recouvrir les plafonds ou les murs d'écrans lumineux.

2.4 Les écrans YFD

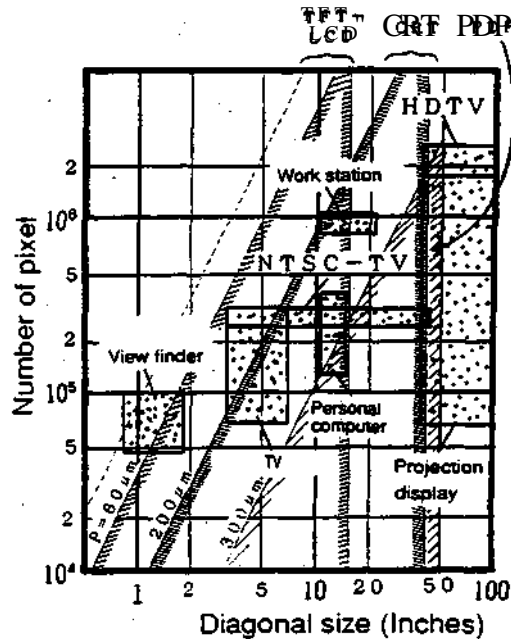
Les écrans VFD, Vacuum Fluorescent Displays, sont en général de petite dimension; il s'agit de tubes constitués d'un substrat en céramique enfermé dans une ampoule de verre. Les améliorations réalisées concernent la qualité et le coût du verre.

2.5 Les écrans plats développés à partir de la technologie du tube cathodique (CRT: Cathode Ray Tube)

La technologie du tube cathodique présente des avantages importants; tout d'abord, elle est bien maîtrisée (la technologie de base a été mise au point dans les années 1880) et donc relativement peu coûteuse. Ensuite, elle permet l'affichage d'un grand éventail de couleurs et de signes (alphanumériques et graphiques), un bon niveau de définition pour des écrans de grande taille, une bonne efficacité du point de vue de la luminosité. Les développements techniques actuels sont orientés vers la mise au point d'écrans CRT plats.

3. Les problèmes techniques

Le principal enjeu des technologies d'écrans plats réside dans la possibilité d'augmenter la taille de l'écran sans diminuer le niveau de qualité de l'affichage. Chaque catégorie de technologie est adaptée à certaines applications en fonction de ses avantages et de ses inconvénients.



source: Display Technologies, 1992

Les problèmes techniques actuels se posent en particulier au niveau de:

- l'amélioration du temps de réponse

Dans ce domaine, les améliorations seront apportées non pas au niveau des écrans (déjà performants) mais des logiciels ou des matériels, qui ont actuellement un temps de réponse relativement long pour la réalisation des graphiques;

- la fiabilité de l'affichage

Le manque de fiabilité de l'affichage se traduit soit par une baisse de l'intensité, soit par l'absence d'affichage. De ce point de vue, des progrès doivent être réalisés en particulier pour les écrans LCD qui sont particulièrement sensibles aux hautes températures et à l'humidité; il en résulte un risque pour le verre, qui peut se briser facilement, et pour les matériaux sensibles aux rayons ultra-violet, ceux-ci pouvant affecter l'alignement des molécules;

- la compatibilité avec les logiciels

Il s'agit d'assurer la compatibilité entre les logiciels et les systèmes d'affichage en ce qui concerne notamment les formats, les couleurs, les vitesses d'exécution.

Iu. L'évolution du marché

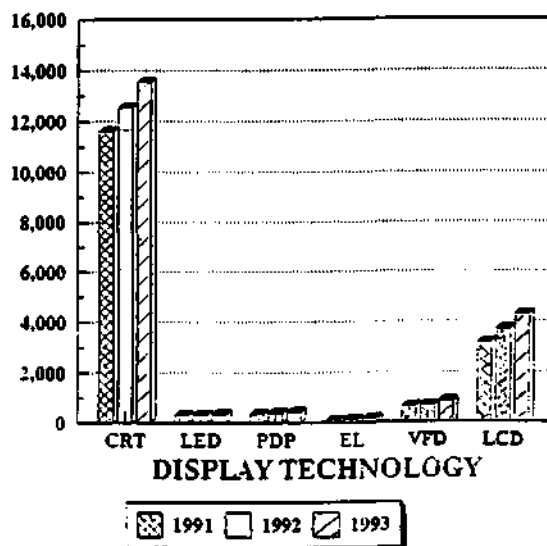
1. Les technologies

Les tubes cathodiques occupent la plus large part du marché des afficheurs; en 1991, ils représentent 11,6 milliards de dollars, alors que le marché, toutes technologies confondues, s'élève à environ 16,2 milliards de dollars. Les écrans LCD occupent la deuxième place; ils représentent 3,1 milliards de dollars en 1991. Toutefois, en ce qui concerne les taux de croissance, les écrans à cristaux liquides suivent une progression deux fois plus rapide que celle des tubes cathodiques.

Le marché mondial des systèmes d'affichage de 1991 à 1993
(en millions de dollars)

| TECHNOLOGIES | 1991 | 1992 | 1993 | croissance annuelle |
|-----------------------------|--------|--------|--------|---------------------|
| Cathode Ray Tubes | 11.610 | 12.539 | 13.542 | 8% |
| LED Displays | 309 | 328 | 347 | 6% |
| Plasma Display Panels | 361 | 397 | 437 | 10% |
| Electroluminescent Panels | 104 | 131 | 165 | 26% |
| Vacuum Fluorescent Displays | 637 | 682 | 743 | 8% |
| Liquid Crystal Displays | 3.168 | 3.675 | 4.263 | 16% |
| TOTAL | 16.189 | 17.751 | 19.497 | 10% |

source: Electronic Display World



2. Les vendeurs

Les fabricants d'écrans LCD sont implantés essentiellement au Japon et dans les autres pays d'Extrême-Orient. Les producteurs asiatiques sont largement présents sur le marché des écrans plats pour ordinateurs portables; cette situation résulte notamment de la place qu'ils occupent sur le marché mondial de ce type d'ordinateurs. Le Japon occupe une position dominante dans les activités de R-D et de production; les Coréens ont une position forte sur le marché des écrans de bas de gamme.

| <u>COMPANY</u> | <u>LOCATION</u> | |
|------------------------------|---------------------|--------------|
| | <u>HEADQUARTERS</u> | <u>PLANT</u> |
| Alps Electric Co. | Japan | Japan |
| Casio Computer Co. | Japan | Japan |
| Citizen Watch Co. | Japan | Japan |
| Conic Semiconductor, Ltd. | Hong Kong | Hong Kong |
| Display Technology, Ltd. | Hong Kong | Hong Kong |
| Fujitsu | Japan | Japan |
| Handok | South Korea | South Korea |
| Hitachi Ltd. | Japan | Japan |
| Hosiden | Japan | Japan |
| Kyocera | Japan | Japan |
| Matsushita Electric | Japan | Japan |
| Nippon Seiki Co. | Japan | Japan |
| Optrex | Japan | Japan |
| Philips | Netherlands | Hong Kong |
| Printed Circuits Int'l (PCI) | U.S. | Singapore |
| Sanyo Electric | Japan | Japan |
| Seiko-Epson | Japan | Japan/Taiwan |
| Seiko Instruments | Japan | Japan |
| Sharp Corporation | Japan | Japan |
| Stanley Electric Co. | Japan | Japan |
| STC Corporation | South Korea | South Korea |
| Toshiba Corporation | Japan | Japan |
| Varitronic, Ltd. | Hong Kong | Hong Kong |
| Vikay, Ltd. | Singapore | Singapore |

source: Electronic Display World, 1991

En Europe, les principaux producteurs sont:

en Allemagne: AEG, Blaupunkt, SWF, VDO Schinding

en Grande-Bretagne: English Electric Valve, Racal Research

aux Pays-Bas: Philips.

D'importantes activités de recherche et développement sont réalisées en Europe; les principaux acteurs sont:

- des entreprises: Thomson, Schlumberger, Smith Industries, Image Displays, Eurodisplay, Siemens, STC Labs, Royal Radar and Signais Establishment, GEC, Hoffmann-La Roche, E. Merck, BDH Chemicals, Balzers;
- des instituts de recherche et des universités en Grande-Bretagne, en France, en Allemagne et en Italie.

En Amérique du Nord, les fabricants sont relativement peu nombreux. Ils sont plus particulièrement intéressés par les marchés de l'informatique, des applications domestiques, des tableaux de bord dans l'automobile et l'aviation. Les entreprises en Amérique du Nord se caractérisent par une production de petites séries (Hamlin, Polytronix, LXD et Crystaloid sont les seules entreprises produisant de gros volumes) et des investissements relativement importants dans les activités de développement.

COMPANY

LOCATION

| | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Crystaloid Electronics | Cleveland, Ohio |
| Excel Technology | Belle Mead, New Jersey |
| General Motors/AC Delco Div. | Kokomo, Indiana |
| Hercules Aerospace Display Systems | Hatfield, Pennsylvania |
| Litton Data Images, Inc. | Ottawa, Ontario, Canada |
| LXD, Inc. | Beachwood, Ohio |
| Litton PanelVision | Rexdale, Ontario, Canada |
| Magnascreen | Pittsburgh, Pennsylvania |
| OIS • Optical Imaging Systems, Inc. | Troy, Michigan |
| Polytronix | Richardson, Texas |
| Printed Circuits Int'l (PCI) | San Jose, California |
| Standish Hamlin | Lake Mills, Wisconsin |
| Three-Five Systems | Phoenix, Arizona |
| UCE | Norwalk, Connecticut |

source: Electronic Display World, 1991

Une vingtaine d'entreprises et organismes de recherche répartis dans le monde effectuent actuellement des recherches sur la technologie des écrans LCD à matrice active. Cette technologie est la plus performante et représente des enjeux commerciaux stratégiques.

| <u>COMPANY</u> | <u>LOCATION</u> | <u>SEMICONDUCTING MATERIAL</u> |
|----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| C.N.E.T. | Bagneux, France | Amorphous Si TFT |
| Canon Research | Tokyo, Japan | Amorphous Si TFT |
| DSRC Labs (SRI) | Princeton, N.J. | Amorphous Si TFT |
| Eurodisplay | Billancourt, France | Amorphous Si TFT |
| Fujitsu Laboratories | Kawasaki, Japan | Amorphous Si TFT |
| GEC | Wembley, U.K. | Amorphous Si TFT |
| IBM Research Lab. | Yorktown, N.Y. | Poly or Am. Si TFT |
| Litton PanelVision | Rexdale, Ontario, Canada | CdSe TFT |
| Matsushita | Osaka, Japan | Amorphous Si TFT |
| Mitsubishi | Tokyo, Japan | Amorphous Si TFT |
| NEC | Tokyo, Japan | Poly Si TFT |
| Ovonic Imaging | Troy, Michigan | Amorphous Si TFT |
| Philips | Heerlen, The Netherlands | Amorphous Si TFT |
| Sanyo Electric | Kobe, Japan | Amorphous Si TFT |
| Seiko-Epson | Nagano, Japan | Poly & a-Si TFT |
| Seiko Instruments | Matsudo, Japan | Amorphous Si MSI |
| Sharp Central Lab. | Nara, Japan | Amorphous Si TFT |
| Toshiba | Tokyo, Japan | Poly & a-Si TFT |
| Xerox Corporation | Palo Alto, California | Amorphous Si TFT |

source: Electronic Display World, 1991

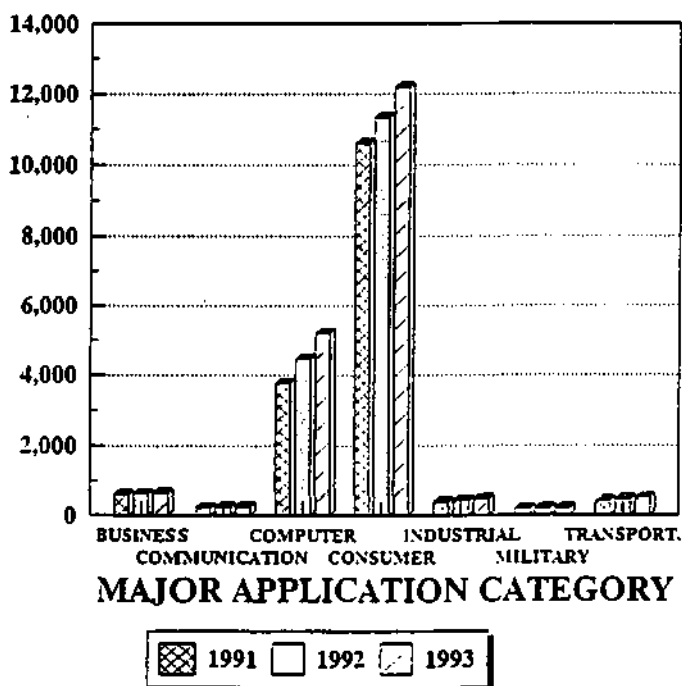
3. Les secteurs de consommation

Le secteur de l'électronique grand public est le principal consommateur; ce marché représentait environ 10,6 milliards de dollars en 1991. Le marché de l'informatique occupe le second rang; il s'élevait à 3,7 milliards de dollars en 1991.

Le marché mondial des systèmes d'affichage par secteurs d'application de 1991 à 1993
(en millions de dollars)

| APPLICATIONS | 1991 | 1992 | 1993 |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| Business/Commercial | 593 | 622 | 646 |
| Communication | 221 | 236 | 255 |
| Computer | 3.770 | 4.453 | 5.196 |
| Consumer | 10.598 | 11.337 | 12.187 |
| Industrial | 388 | 431 | 479 |
| Military | 198 | 203 | 208 |
| Transportation | 420 | 469 | 529 |
| TOTAL | 16.189 | 17.751 | 19.497 |

source: Electronic Display World



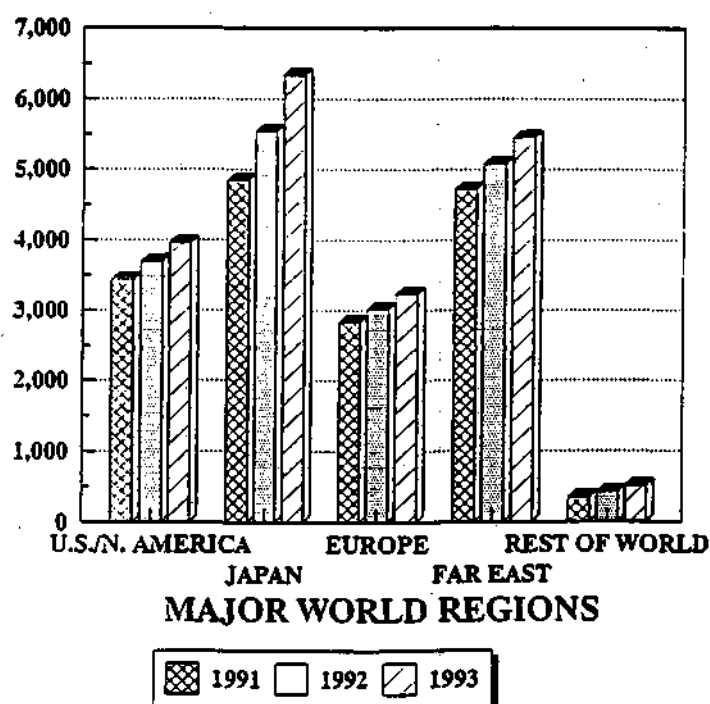
4. Les secteurs géographiques

Les écarts entre les marchés des quatre régions, Amérique du Nord, Europe, Japon, Extrême-Orient, sont relativement peu importants. Les marchés d'Extrême-Orient et notamment celui du Japon sont les plus élevés; le marché japonais offre les perspectives de croissance les plus fortes.

Le marché des systèmes d'affichage par secteurs géographiques de 1991 à 1993
(en millions de dollars)

| REGIONS | 1991 | 1992 | 1993 |
|-----------------------------|--------|--------|--------|
| Amérique du Nord | 3.433 | 3.685 | 3.951 |
| Japon | 4.846 | 5.543 | 6.339 |
| Europe | 2.837 | 3.023 | 3.237 |
| Extrême-Orient (hors Japon) | 4.721 | 5.075 | 5.454 |
| Reste du monde | 352 | 426 | 516 |
| TOTAL | 16.189 | 17.751 | 19.497 |

source: Electronic Display World



BIBLIOGRAPHIE

- Abernathy, W. J. and Rosenbloom, R. S. 1982. The climate for innovation in industry: the role of management attitudes and practices in consumer electronics. In *Research Policy*, Vol. 11, pp. 209-25.
- Abernathy, W. J., Clark, K. B., and Kantrow, A. 1983. *Industrial Renaissance: Producing a Competitive Future For America*. New York: Basic Books.
- Amendola, M. et Gaffard, J. L. 1986. Tôchnology as an Environment: a Suggested Interpretation. In *Economie Appliquée*, tome 39, n^o 3, pp. 473-492.
- Amendola, M. et Gaffard, J. L. 1988. *La Dynamique Economique de l'Innovation*. Paris: Económica.
- Amin, A. 1989. *Industrial Districts and Regional Development: Limits and Possibilities*. Table ronde internationale: Milieux innovateurs et réseaux transnationaux - Vers une nouvelle théorie du développement spatial. Rapport du GREMI (Groupe de Recherche Européen sur les Milieux Innovateurs). Barcelone, 28-29 mars.
- Angel, D. P. 1989. The labor market for engineers in the U.S. semiconductor industry. In *Economic Geography*, Vol. 65, no 2, pp. 99-112.
- Antonelli, C. and Foray, D. 1991. *Technological Clubs: Cooperation and Competition*. Colloquium Grandes Ecoles - Berkeley - MIT. The International Symposium Europe - USA: Management of Technology. Paris: May, 27-28.
- Aoki, M. 1986. Horizontal vs Vertical Structure of the Firm. In *The American Economic Review*, Vol. 76, no 5, décembre, pp. 971-983.
- Aoki, M. 1991. *Economie Japonaise*. Paris: Económica. Traduit de "Information, incentives and bargaining in the Japanese economy". 1988. New York: Cambridge University Press.
- Aydalot, P. 1986. *Trajectoires technologiques et modèles régionaux d'innovation*. Document interne. Centre Economie - Espace - Environnement, Université de Paris I Panthéon - Sorbonne, juillet.
- Aydalot, P. 1986. *Les technologies nouvelles et les formes actuelles de la division spatiale du travail*. Centre Economie - Espace - Environnement. Cahier n^o 47, Université de Paris I Panthéon - Sorbonne, mars.
- Aydalot, P. 1985. *Economie Régionale et Urbaine*. Paris: Económica.
- Bailetti, A. J. and Callahan, J. R. 1992. Assessing the impact of university interactions on an R&D organization. In *R&D Management*, Vol. 22, pp. 145-156.

Bakis, H. 1991. Les enjeux de la télévision de haute définition. In *Le Monde Diplomatique*, août, pp. 12-13.

Baudry, B. 1991. Une analyse économique des contrats de partenariat industriel: l'apport de l'économie des coûts de transaction. In *Revue d'Economie Industrielle*, n° 56, 2^e trimestre, pp. 46-57.

Beckouche, P. 1988. L'industrie électronique française: les régions face à la transnationalisation des firmes. Thèse, Université Paris XII, février.

Benzoni, L. 1991. Le rythme de l'innovation: l'anomalie de l'industrie des circuits intégrés. In *Communications et Stratégies*, no 2, 2^e trimestre.

Bienaymé, A. 1986. Les coûts de fonctionnement du système capitaliste. In *Analyses de la SEDEIS*.no 51, mai.

Bienaymé, A. 1988. Technologie et nature de la firme. In *Revue Economique Politique*, Vol. 98, n° 6, novembre-décembre, pp. 823-849.

Bijker, W. E., Hughes, T. P. and Pinch, T. J.(eds). 1987. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Bobe, B. 1990. La gestion de la R-D dans les entreprises françaises et japonaises. Rapport d'étude établi pour le Commissariat Général du Plan, Paris.

Boudeville, J. R (sous la direction de). 1968. *L'espace et les pôles de croissance*. Paris: Presses Universitaires de France.

Boyer, L., Poirée, M. et Salin, E. 1986. *Précis d'organisation et de gestion de la production*. Paris: Editions d'Organisation.

Callón, M. 1988. *La science et ses réseaux*. Paris: La Découverte.

Cantwell, J. 1989. *Technological Innovation and Multinational Corporations*. Cambridge, Massachusetts: Basil Blackwell.

Clark, K. B. and Fujimoto, T.. 1991. *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*. Boston, MA: Harvard Business School Press.

Clark, K. B., Hayes, R. and Lorenz, C. 1985. *The uneasy alliance*. Boston, MA: Harvard Business School Press.

Cohendet, P., Llerena, P. and Sörge, A. 1991. Modes of usage and diffusion of science and technology: Valorizing diversity. Colloquium Grandes Ecoles - Berkeley - MIT. The International Symposium Europe - USA: Management of Technology. Paris: May, 27-28.

Constant, E. W. 1980. The origins of the Turbojet Revolution. Baltimore: John Hopkins University Press.

Coombs, R., Saviotti P. and Walsh V. 1987. Economics and Technological Change. Totowa, New Jersey: Rowman & Littlefield, Publishers.

Cunéo, B. 1987. Les chercheurs industriels: Itinéraires et positions. Rapport de recherche du GIP Mutations Industrielles, no 3,15 février.

Cunéo, B., Dona Giménez, A. et Weinstein, O. 1985. Recherche et production dans l'Electronique: premières approches. In Cahiers du Centre de Recherche sur les Mutations des Sociétés Industrielles, no 11, mai-juin.

Cunéo, B., Dona Giménez, A. et Weinstein, O. 1986. La recherche dans les groupes de l'industrie électronique - Etude de cas dans les laboratoires centraux. Rapport de recherche, Centre de Recherche sur les Mutations des Sociétés Industrielles, juin.

Cunéo, B. Dona Giménez, A. et Weinstein, O. 1988; Recherche industrielle et coopérations européennes dans l'industrie électronique. Rapport de recherche du GIP Mutations Industrielles, n° 21, 1er décembre.

David, P. A, Mowery, D. and Steinmueller, E. W. 1992. Analyzing the Economic Payoffs from Basic Research. In Economies of Innovation and New Technology, Vol. 2, n° 1, pp. 73-90.

Delapierre, M. et Michalet, C. A. 1989. Vers un changement des structures des multinationales: le principe d'intemalisation en question. In Revue d'Economie Industrielle, no 47, 1er trimestre, pp. 27-43.

Delmas, P. 1991. Le Maître des Horloges: modernité de l'action publique. Odile Jacob.

De Montmorillon, B. 1989. La croissance contractuelle. In Revue Française de Gestion, janvier-février, pp. 97-106.

Dobler, Richard, Fiirstenberg. 1989. Standortentwicklung und aktuelle Standorttendenzen bei Siemens. GR 41 H. 5.

Dosi, G. 1982. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. In Research Policy, Vol. 11, pp. 147-162.

Dosi, G. 1984. Technical change and Industrial Transformation. London: Macmillan.

- Dosi, G. 1988. Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. In *Journal of Economic Literature*, Vol. 26, septembre, pp. 1120-1171.
- Durand, T. 1988. Management pour la technologie: de la théorie à la pratique. In *Revue Française de Gestion*, novembre-décembre, pp. 5-14.
- Erdilek, A. 1989. Coalitions, cooperative research, and technology development in the globalization of the semiconductor industry. In *Cooperative Research and Development: The Industry-University-Government relationship*. A. N. Link and G. Tassej. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.
- Eymard-Duvemay, François. 1989. Conventions de qualité et formes de coordination. In *Revue économique*, no 2, mars, pp. 329-359.
- Favereau, Olivier. 1989. Organisation et marché. In *Revue Française d'Economie*, Vol. 4, no 1, hiver.
- Fleury, A. 1990. Nouvelles technologies, compétence technologique et processus de travail: comparaison entre les modèles japonais et brésiliens. Contribution au Séminaire franco-brésilien, "Autour du modèle japonais". IRESCO-CNRS, février.
- Foray, D. et Mowery, D. C. 1990. L'intégration de la R&D industrielle: nouvelles perspectives d'analyse. In *Revue Economique*, n° 3, mai, pp. 501-530.
- Freeman, C. 1988 A quoi tiennent la réussite ou l'échec des innovations dans l'industrie? In *Culture Technique*, n°18, mars, pp. 30-39..
- Freeman, C. 1982. *The Economies of Industrial Innovation*. Penguin Books.
- Fusfeld, H. I. 1976. Industry/University R&D: New Approaches to Support and Working Relationships. In *Research Management*, Vol. 19, no 3, pp. 21-24.
- Gaffard, J. L., d'Iribarne, A., Perrin, J. C, Quéré, M., Ravix, J. L., Silvestre, J. J. 1987. La technopole comme espace créateur de technologie. Programme de recherche: Technopoles et Développement. Rapport final. LATAPSES. Tome 1, septembre.
- Gaffard, J. L. 1990a. *Economie industrielle et de l'innovation*. Paris: Dalloz.
- Gaffard, J. L. 1990b. Cohérence et diversité des systèmes d'innovation - Le cas des systèmes d'innovation localisés en Europe. LATAPSES, novembre.
- Gibbons, M and Metcalfe, J. S. 1986. Technological variety and the process of competition. Conférence "Innovation Diffusion". Venise.
- Glasmeier, A. 1987. Factors Governing the Development of High Tech Industry Agglomerations: A Tale of Three Cities. In *Regional Studies*, Vol. 22, pp. 287-301.

- Gomory, R. E. and Schmitt, R. W. 1988. Science and Product. In *Science*, Vol. 240, May.
- Gordon, R. and Kimball, L. 1987. The impact of industrial structure on global high technology location. In *The spatial impact of technological change*, edited by John F. Brotchie, Peter Hall, Peter W. Newton. New York: Croom Helm.
- Groupe d'Etude des Stratégies Technologiques (GEST). 1986. *Grappes Technologiques et Stratégies d'Entreprises*. Nanterre: Laboratoire de Recherche en Economie Appliquée, Université Paris X.
- Guilhon, B. et Giandolfi, P. 1990. Chaînes de compétences et réseaux. In *Revue d'Economie Industrielle*, n° 51, 1^{er} trimestre, pp. 97-112.
- Gupta, Ai K, Raj, S.P., and Wilemon D. 1986. R&D and Marketing Managers in High-Tech Companies: Are They Different? *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. EM-33, no 1, February, pp. 25-32.
- Hall, P. and Preston, P. 1988. *The carrier wave: New Information Technology and the geography of innovation, 1846-2003*. London: Unwin Hyman.
- Hayes, R. H. and Abernathy, W. J. 1980. Managing our way to economic decline. In *Harvard Business Review*, July-August, pp. 67-77.
- Heertje, A. 1979. *Economie et progrès technique*. Editions Aubier-Montaigne.
- Hirata, H. et Zarifian, P. 1990. Force et fragilité du modèle japonais. XII^{ème} Congrès International de Sociologie de TAIS. Madrid, juillet.
- Hirsh, R. F. 1989. *Technology and transformation in the American electric utility industry*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hoddeson, L. 1981. The Emergence of Basic Research in the Bell Telephone System, 1875-1915. In *Technology and Culture*. The University Press of Chicago. Vol. 22, n° 3, pp. 512-544.
- Hounshell, D. A. and Smith, J. K. 1988. *Science and Corporate Strategy: Du Pont R&D, 1902-1980*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Howells, J. 1990. The location and organization of research and development: New Horizons. In *Research Policy*, Vol. 19, pp. 133-146.
- Hughes, T. P. 1989. *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm, 1870-1970*. New York: Viking Penguin.
- Joffre, P. 1990. L'économie des coûts de transactions. In *Informations et Réflexions*. Université de Caen, n° 2, juillet.

- Kern, H. et Schumann, M. 1989. La fin de la division du travail? La rationalisation dans la production industrielle. Paris: Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.
- Kline, S. J. and Rosenberg, N. 1986. An Overview of Innovation. In *The Positive Sum of Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. Ralph Landau and Nathan Rosenberg, ed. Washington D.C.: National Academy Press.
- Latour, B. 1987. *Science in Action*. Milton Keynes, Open University Press. (Traduction française: *La Découverte*, 1989).
- Larue de Tournemine, R. 1991. La modélisation stratégique dans les industries fondées sur la science. In *Revue Française de Gestion*, n° 84, juin-juillet-août, pp. 86-95.
- Lecler, Y. 1991. Le concept de partenariat: quel contenu? In *Relations panenariales et transfert de compétences - Le Japon "modèle de référence"?* Rapport de fin de recherche, Economie des changements technologiques, Université Lyon 2, janvier.
- Link, A. N. and Zmud, R. W. 1986. Additional Evidence on the R&D/Marketing Interface. *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. EM-33, n° 1, February, pp. 43-44.
- Link, A. N. and Tasse, G. 1989. *Cooperative Research and Development: The Industry-University-Government Relationship*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Lipietz, A. 1983. *Le capital et son espace*. Paris: La Découverte.
- Loinger, G. et Perache, V. 1987. L'espace comme cadre-outil. In "la recherche adaptative - Etude sur les interfaces entre l'industrie et la recherche scientifique et technologique - Application au territoire de la région Rhône-Alpes". Paris: Commissariat Général du Plan, Centre d'Etudes des Systèmes et des Technologies Avancées.
- Malecki, E. J. 1985. Industrial location and corporate organization in high technology industries. In *Economic Geography*, Vol. 61, no 4, October, pp. 345-369.
- Malecki, E. J. 1987. The R-D Location Decision of the Firm and "Creative" Regions - a Survey. In *Technovation*, Vol. 6, pp. 205-222.
- Malecki, E. J. 1991. *Technology and Economic Development: the dynamics of local, regional, and national change*. Harlow, Essex, U K: Longman Scientific & Technical, Longman Group U K Ltd.
- Malecki, E. J. and Bradbury, S. L. 1991. R-D Facilities and Professional Labor: Labour Force Dynamics in High Technology. In *Regional Studies*, Vol. 26, pp. 123-136.
- May, N. 1989. Recherche industrielle et organisation spatiale. *Cahier de recherche du GIP Mutations Industrielles*, no 28, avril.

Midler, C. 1989. L'évolution des pratiques managériales dans les grandes entreprises; l'exemple du développement de la gestion par projet dans l'industrie automobile. Communication au colloque "Management, innovation et recherche; comparaison France - Japon". Cergy Pontoise. Décembre.

Moatty, F. et Valeyre, A. 1991. Les espaces spécialisés dans la recherche-développement industrielle en France: emploi, activité et organisation des entreprises. Colloque ASRDLF: Nouvelles activités, nouveaux espaces, Montréal, 3-4 septembre.

Moisdon, J. C. 1991. Gestion de projet et formes de coordination. Colloque de Cerisy-la-Salle: La nouvelle entreprise, 22-29 juin.

*

Morin, J. 1990. L'excellence technologique. Paris: Editions Publi-Union et J. Picollec.

Morin, J. et Seurat, R. 1989. Le management des ressources technologiques. Paris: Les Editions d'Organisation.

Morin, J. et Seurat, R. 1991. De la gestion de la R-D à la stratégie de développement technologique. In *Revue Française de Gestion*, no 84, juin-juillet-août, pp. 140-146.

Mowery, D. C. and Rosenberg, N. 1978. The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies. In *Research Policy*, Vol. 8, April, pp. 102-153.

Mowery, D. C. and Rosenberg, Nathan. 1989. *Technology and the pursuit of the economic growth*. Cambridge: Cambridge University Press.

Nelson, R. R. and Winter, S. G. 1977. In search of useful theory of innovation. In *Research Policy*, Vol. 6, pp. 36-76.

Paché, G. 1991. L'impact des stratégies d'entreprises sur l'organisation industrielle: PME et réseaux de compétences. In *Revue d'Economie Industrielle*, no 56, 2^e trimestre, pp. 58-70.

Patel, P. and Pavitt, K. 1991. Europe's Technological Performance. In *Technology and the Future of Europe*. C. Freeman, M. Sharp and W. Walker (eds). Pinter.

Pavitt, K. 1984. Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. In *Research Policy*, Vol. 13, pp. 343-373.

Pelata, P. et Veltz, P. 1985. Du taylorisme à la production intensive en intelligence : les industries électriques et électroniques, CERTES - ENPC.

Peretti, J. M. 1990. *Gestion des ressources humaines*. Paris: Vuibert.

Perrin, J. 1988. *Comment naissent les techniques*. Paris: Editions Publisud.

- Planque, B. 1982. Les fonctions de recherche et leur environnement local. In *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n° 3, pp. 283-311.
- Porter, M. E. 1980. *Competitive strategy*. New York: Free Press.
- Porter, M. E. 1985. *Competitive advantage*. New York: Free Press.
- Porter, M. E. 1990. *The competitive advantage of nations*. New York: Free Press.
- Pottier, C. et Touati, P. Y. 1982. Localisation et qualification de l'emploi dans une activité à technique évolutive. L'industrie microélectronique en France. In *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n°3, pp. 313-331.
- Pottier, C. et Touati, P. Y. 1981. Concurrence internationale et localisation de l'industrie des semiconducteurs en France. In *dossiers du Centre Economie, Espace, Environnement*, Université de Paris I, n°24, mai.
- Rees, J. H., Geoffrey, J. D., Stafford, H. A. (eds). 1981. *Industrial Location and Regional Systems*. New York: J. F. Bergin Publishers.
- Reich, L. S. 1985. *The Making of American Industrial Research: Science and Business at GE and Bell, 1876-1926*. Cambridge University Press.
- Rosenberg, N. (ed). 1971. *The Economics of Technological Change*. Penguin Modern Economics Reading.
- Rosenberg, N. 1982. *Inside the black box: Technology and Economics*. Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press.
- Rothwell, R. 1977. The characteristics of successful innovators and technically progressive firms (with some comments on innovation research). In *R-D Management*, Vol. 7 (3), pp. 191-206.
- Rothwell, R. 1992. Successful industrial innovation: critical factors for the 1990s. In *R&D Management*, Vol. 22, pp. 221-239.
- Rothwell, R. and Zegveld, W. 1985. *Reindustrialization and Technology*. New York: Longman.
- Roussel, P. A., Saad, K. N., and Erickson, T. J. 1991. *Third Generation R&D: Managing the Link to Corporate Strategy*. By Arthur D. Little Inc. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Rowe, F. et Veltz, P (éds). 1991. *Entreprises et territoires en réseaux*. Presses de l'ENPC.

- Rubenstein, A. H., Chakrabarti, A. K., O'Keefe, W. E., Souder, W. E. and Young, H. C. 1976. Factors Influencing Innovation Success at the Project Level. In *Research Management*, Vol. 19, no 3, pp. 15-20.
- Ruttan, V. W. 1959. Usher and Schumpeter on Invention, Innovation, and Technological Change. In *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 73, no 4, novembre, pp. 596-606.
- Saglio, J. 1989. Les systèmes industriels, éléments pour une compréhension sociologique de la diversité des entreprises. Notes pour une contribution au séminaire du CEPREMAP. Paris: GLYSI - MRASH, novembre.
- Sahal, D. 1985. Technological guideposts and innovation avenues. In *Research Policy*, Vol. 14, pp. 61-82.
- Savy, M. 1986. Les territoires de l'innovation. Technopôles et aménagement: l'expérience française. In *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, no 1, pp. 43-60.
- Savy, M. et Veltz, P. (sous la direction de). 1993. Les nouveaux espaces de l'entreprise. Paris: Datar/Editions de l'Aube.
- Scherer, F. M. 1984. *Innovation and Growth: Schumpeterian Perspectives*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Schumpeter, J. A. 1983. *Histoire de l'analyse économique*. Paris: Gallimard.
- Schumpeter, J. A. 1990. *Capitalisme, socialisme et démocratie*. Paris: Payot.
- Schumpeter, J. A. 1939. *Business Cycles: a Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York: Mc Graw Hill.
- Scott, A. J. 1987. The Semiconductor Industry in South-East Asia: Organization, Location and the International Division of Labour. In *Regional Studies*, Vol. 21, no 2, pp. 143-160.
- Storper, M. and Walker, R. 1989. *The Capitalist Imperative: Territory, Technology, and Industrial Growth*. New York: Basil Blackwell.
- Teulings, A. W. M. 1984. The internationalisation squeeze: double capital movement and job transfer within Philips worldwide. In *Environment and Planning A*, Vol. 16, pp. 597-614.
- Thurow, L. 1992. *Head to Head*. New York: William Morrow and Company.
- Truel, J. L. 1980. Les nouvelles stratégies de localisation internationale: le cas des semi-conducteurs. In *Revue Economique Industrielle*, no 14, pp. 171-178.
- Veltz, P. 1985. Mutations dans l'industrie et organisation spatiale des activités. Document interne, CERTES-LATTS.

- Veltz, P. 1986. Le territoire des industries électroniques et électriques. In *Annales de la Recherche Urbaine*, n°29.
- Veltz, P. 1988. Informatique et intelligence de la production. In revue *Terminal*. n° 39, automne.
- Veltz, P. 1989a. Industrie en réseaux, réseaux dans l'industrie. In *Génie Urbain, acteurs, technologies. Plan Urbain*.
- Veltz, P. 1989b. Nouveaux modèles d'organisation de la production et tendances de l'économie territoriale. Communication au colloque "Les nouveaux espaces industriels", Paris, Sorbonne, 21-22 mars.
- Veltz, P. 1991a. Communication, réseaux et territoires dans les systèmes de production modernes. In *Entreprises et territoires en réseaux*. Rowe, F. et Veltz, P. (éds). Presses de l'ENPC.
- Veltz, P. 1991b. Entreprises et territoires. In *Les Annales des Mines*, novembre, pp. 17-23.
- Veltz, P. 1992a. Hiérarchies et réseaux dans l'organisation de la production et du territoire. In *Les régions qui gagnent*. Benko, G. et Lipietz, A. Paris: PUF.
- Veltz, P. 1992b. Vers un nouveau modèle d'organisation? Déstabilisation et résistance du taylorisme. Communication au symposium du GRIS, Université de Rouen, 23-24 janvier
- Veltz, P et Zarifian, P. 1992. Modèle systémique et flexibilité. In *Les nouvelles rationalisations de la production*. Dubois, P. et DeTerssac, G. Toulouse: Cepadues.
- Veltz, P et Zarifian, P. 1991. Rationalité, efficacité et modèles d'organisation. Communication aux Journées de sociologie du travail, Lyon, 13 novembre.
- Vernon, R. 1966. International investment and international trade in the product cycle. In *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 80, pp. 190-207.
- Vinck, D. (sous la coordination de). 1991. *Gestion de la recherche: nouveaux problèmes, nouveaux outils*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael.
- Weinstein, Olivier. 1988. Les analyses de la crise de productivité aux Etats-Unis: un bilan critique. In *Revue d'Economie Industrielle*, n° 44, 2^e trimestre, pp. 1-19.
- Weisbuch, C. 1991. R-D et Compétitivité: Dix Questions. In *Revue Française de Gestion*, no 84, juin-juillet-août, pp. 68-80.
- White, G. R. and Graham, M. B.W. 1978. How to spot a technological winner. In *Harvard Business Review*, Vol. 56, March-April, pp. 146-152.

Xuereb, J. M. 1991. Une redéfinition du processus d'innovation. In *Revue Française de Gestion*, no 84, juin-juillet-août, pp. 96-104.

Zarifian, P. 1990. La productivité: une expression de l'adaptabilité et de la créativité de la firme. In *Gestion industrielle et mesure économique*. ECOSIP. Paris: *Económica*, pp. 71-84.

Zarifian, P. 1989. Cohérence et choix de combinaisons entre organisation et technologies, pour la flexibilité. *Projet CERTES-LATTS*, février.

Zarifian, P. 1990a. *La nouvelle productivité*. Paris: L'Harmattan.

Zarifian, P. 1990b. *La production industrielle comme auto-organisation*. Document interne. CERTES-LATTS, 14 août.

Zarifian, P. 1991a. *Organisation qualifiante et flexibilité*. Rapport de recherche Profil/BSN, CERTES-LATTS, septembre.

Zarifian, P. 1991b. *Travail et communication dans les industries informatisées*. *Formation Emploi*, no 36, octobre-décembre, pp. 58-66.

Zarifian, P. 1991c. *Organisation qualifiante et prise de décision dans l'industrie*. Document interne. CERTES-LATTS.

Zarifian, P. 1992a. *Acquisition et reconnaissance des compétences dans une organisation qualifiante*. In *Education permanente*, no 112, octobre.

Zarifian, P. 1992b. *Vers une sociologie de l'organisation industrielle: un itinéraire de recherche - Coopération, qualification, gestion, organisation en milieu industriel*. Habilitation à diriger des recherches, Paris X, 23 avril.

LISTE DES ENTRETIENS

Jean-Pierre André, chercheur, Laboratoires d'Electronique Philips, Limeil Brévannes, 10 mai 1988.

David Ankri, responsable des Programmes Européens, SGS-Thomson, Gentilly, 1er juin 1989.

Rolf-Jiirgen Apelt, Zentralabteilung Personal Fachabteilung, Hochschulkontakte, Siemens, Munich, 23 octobre 1991.

Pierre Badoz, Ingénieur, CNET, Grenoble, 12 septembre 1989.

François Baillieu, responsable du département Micro-électronique, Ecole Supérieure des Ingénieurs en Electronique Electrotechnique, Marne la Vallée, 29 juin 1988.

Joseph Borel, Executive Vice President, Central R-D, SGS-Thomson, Grenoble, 11 janvier 1991.

Joseph Bourges, Directeur des Affaires Sociales, Laboratoire d'Electronique Philips, Limeil Brévannes, 18 novembre 1991.

Michel Boutet, Ingénieur Design, Philips Composants, Caen, 26 décembre 1988.

Pierre Brière, Ingénieur chargé du Développement des activités Analogique et Hyperfréquence, Direction Technique et Programmes, Thomson Hybrides Microondes, Orsay, mars 1990 et janvier 1992.

Alain Brochet, responsable du projet Grenoble 92, SGS-Thomson, Grenoble, 11 septembre 1989.

Paul Caseau, Directeur de la Recherche, EDF, Paris, 27 novembre 1990.

Bernard Clédat, Responsable du Département Technologies, Philips RPIC, Rambouillet, 12 janvier 1989.

Pierre Dandrel, Responsable de la Formation et des Relations Extérieures, Philips RTC, Caen, 20 février 1989.

Jean-Pierre Dauvin, Corporate Strategic Market Research Manager, SGS-Thomson, Gentilly, 21 décembre 1988.

Jean de la Chapelle, Directeur Adjoint à la Direction Générale, Philips Composants, Issy les Moulineaux, 16 décembre 1991, 22 mars 1993.

\

Gérard Délavai, responsable des Programmes Européens et Expon, Direction Technique et Programmes, Thomson Composants Microondes, Orsay, janvier 1992.

Philippe Delmas, Chargé de Mission auprès du Ministre des Affaires Etrangères, Cabinet du Ministre d'Etat, 13 janvier 1992.

Jacques Duchêne, Direction des Technologies avancées, Laboratoire d'Electronique, de Technologie et d'Instrumentation, CEA, Grenoble, 11 janvier 1991.

Karihe Dufy, Département Application et Technique, Division Composants, Siemens, Saint-Denis, 25 janvier 1990.

Anne Figuéreo, responsable Marketing et Ventes ASIC, Philips Composants, Issy les Moulineaux, 23 juin 1989.

Jacques Foret, responsable Produits ASIC, Philips Composants, Issy les Moulineaux, 5 mars 1991.

Hans Fournell, Responsable de la division Electricité - Electronique, Direction de la Recherche et Développement, Forschung und Ingénieur Zentrum, BMW, Munich, 23 octobre 1991.

M. Guilleman, Directeur des Laboratoires d'Application de Philips, Issy les Moulineaux, 24 novembre 1988.

Jérôme Graf, Head Contracts Division, Laboratoires d'Electronique Philips, Limeil Brevannes, 14 septembre 1989.

Dietmar Grinda, Bereich Halbleiter Geschäftsgebiet Semicustom Produkt Marketing, Siemens, Munich, 22 mai 1990.

Michel Hareng, Manager, Corporate Business Development and Senior Scientist, Thomson Consumer Electronics, Paris, 20 janvier 1989.

Bernard Hepp, Directeur de la Recherche et Développement, Thomson-LCD, Grenoble, 11 janvier 1991.

Didier Huck, Sous-Directeur Prospectives et Affaires Internationales, Direction Générale des Stratégies Industrielles, Ministère de l'Industrie et du Commerce Extérieur, 12 septembre 1991.

Ira Jacobs, Professeur en Electronique au Virginia Polytechnic Institute and State University, ex-"Director of the Transmission Technology Laboratory" aux Bell Laboratories d'AT&T, 27 août 1992.

Francis Jutand, responsable du département Electronique, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris., 12 août 1988.

Hervé Le Lous, Directeur de la Société Européenne de Diffusion (secteur de la parapharmacie).

Pierre Lepetit, Directeur de la Coopération Technologique, Direction de la Recherche et de la Technologie, Thomson S.A., 8 janvier 1992, 11 mars 1993.

Hugh Mac Cann, European Expansion Manager, Apple Computer, 14 novembre 1989.

Jean-Marie Marine, Direction Technique et Programmes, Thomson Composants Militaires et Spatiaux, Grenoble St-Egrève, 10 janvier 1991.

Guy Martens, Conseiller à la Direction Centrale des Recherches, Adjoint au Directeur des Recherches, Solvay, Bruxelles, 30 janvier 1990.

Feije Meijer, Managing Director Research Coordination, Philips, Eindhoven, 26 novembre 1991.

Annie Mircea-Roussel, Chef du Service Publications-Presses-Documents, Laboratoire d'Electronique Philips, Limeil Brévannes, 23 janvier 1989.

Jeanne Monfret, responsable du suivi de l'action "Capteurs", Adjoint au chef du Département Mathématiques et Technologies de l'information, Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur, 28 novembre 1988.

Dominique Paret, Ingénieur d'Application, Division Semiconducteurs, Philips Composants, Issy les Moulineaux, 3 octobre 1989.

Martine Placide, Ingénieur Système, Laboratoires d'Applications de Philips, Issy les Moulineaux, 24 novembre 1988.

Jean Pascaud, Directeur des Ressources Humaines de la Direction de la Recherche et de la Technologie, Thomson, Paris la Défense, 13 février 1990.

Olivier Piccolin, Ingénieur d'Affaires, Philips Systèmes Electroniques Automobile, Rambouillet, 13 février 1989.

Maurice Piermont, Chargé de Mission Composants, Direction Générale des Stratégies Industrielles, Ministère de l'Industrie et du Commerce Extérieur, Paris, 11 mars 1991.

M. Pithon, responsable du centre de design, SGS-Thomson, Gentilly, 5 avril 1989.

Ginette Pouvesle, responsable de la Cellule Europe, Direction Technique, Compagnie Française Philips, Suresnes, novembre 1991.

Jean Ramond, responsable Support Technique, Thomson Composants Militaires et Spatiaux, Courbevoie, 22 janvier 1990.

Denis Randet, Directeur Adjoint, LETI-CEA, Grenoble, 12 septembre 1989.

Alain Roche, Directeur Adjoint de la Recherche et Développement, SGS-Thomson, Grenoble, 25 mai 1989.

Daniel Rousseau, Ingénieur Produits Vente Tubes Image Couleur, Philips Composants, Issy les Moulineaux, 3 octobre 1989.

Patrick Samama, Département Technologies Conseils, Direction de la Recherche et de la Technologie, Thomson, Orsay, janvier 1992.

Hans-Rainer Schuchmann, Büro der Leitung, Zentralabteilung Forshung und Entwicklung, Siemens, Munich, 24 octobre 1991.

Helmut Stocker, Deputy Director, Zentralabteilung Forshung und Entwicklung, Siemens, Munich, 3 août 1989.

Thierry Triomphe, Sous-Direction Communication Audiovisuelle et Electronique Grand Public, Direction Générale de l'Industrie, Ministère de l'Industrie et de l'Aménagement du Territoire, Paris, 22 octobre 1990.

Liduline Verhelst, Instituut voor Perceptie Onderzoek (Institut de Recherche sur la Perception), Université Technique d'Eindhoven, 26 novembre 1991.

Marianne Vincken, Research Publicity Department, Philips Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, 26 novembre 1991.

Claude Weisbuch, Directeur du Laboratoire de Physique du LCR (Laboratoire Central de Recherches), Thomson, Orsay, 5 mars 1990.

Raymond Weissenburger, Directeur des Affaires Sociales, Philips Electronique Grand Public, Suresnes, 13 novembre 1991.

Niels Wiedenhof, Research Publicity Consultant, Philips, Eindhoven, 26 novembre 1991.

David A. de Wolf, Professeur en Electronique au Virginia Polytechnic Institute and State University, ex-"Member of the Technical Staff" aux Laboratoires David Sarnoff, 6 août 1992.