Université de Neuchâtel

Faculté de droit et des sciences économiques

Microtechniques et Réseaux d'Innovation

Thèse

présentée à la Faculté de droit et des sciences économiques
pour obtenir le grade de docteur ès sciences économiques

par

Marc Pfister

Neuchâtel
1995

Imprimerie de l'Evole SA

Monsieur Marc PFISTER est autorisé à imprimer sa thèse de doctorat ès sciences économiques intitulée:

"Microtechniques et réseaux d'innovation".

Il assume seul la responsabilité des opinions énoncées.

Neuchâtel, le 15 juin 1995

Le Doyen
de la Faculté de droit
et des sciences économiques

Daniel Haag

Remerciements

Aucun travail ne s'accomplit dans la solitude. C'est pourquoi je tiens à adresser mes remerciements à tous ceux qui ont concouru à la réalisation de cette thèse.

Pour ces *Microtechniques et réseaux d'innovation*, je voudrais remercier le professeur Denis Maillat, directeur de l'Institut de recherches économiques et régionales, qui m'a offert un cadre de travail favorable à la recherche.
Je remercie Tamara, mon épouse, qui a subi et supporté avec beaucoup de patience et de compréhension mes états d'âme et mes humeurs tout au long de mes travaux.
Je remercie mon collègue et ami Florian Németi. Comparse des bons et des mauvais jours, il a su créer une ambiance de travail chaleureuse propice à la réflexion. Par ses remarques et critiques constructives, par ses nombreux conseils, il a grandement contribué à la réalisation de cet ouvrage.
Pour son soutien, son enthousiasme et sa disponibilité, je remercie tout particulièrement Marcel Ecabert, directeur de la Fondation suisse pour la recherche en microtechnique.
Persuadé que la forme est tout aussi importante que le contenu, je remercie Victor Guirard, directeur de l'agence Adequa SA, qui m'a fait part de très utiles suggestions pour la mise en page de cette thèse.
Que soient enfin remerciés tous les directeurs d'entreprises que j'ai rencontré lors d'entretiens et qui ont accepté de me consacrer un temps que je sais précieux.

Marc Pfister

Table des matières

Introduction 1

Chapitre 1 **Les microtechniques dans l'Arc jurassien** 11

1 Définition des microtechniques 11
1.1 Une famille de produits 14
1.2 Une combinatoire de techniques 16
1.3 Un ensemble d'activités interdépendantes 18
2 La genèse des microtechniques dans l'Arc jurassien 20
2.1 Présentation de l'Arc jurassien 21
2.2 Origine des microtechniques dans l'Arc jurassien 23
2.3 Le processus de rupture-filiation 26

Chapitre 2 **Le choix d'un concept** 37

1 De nouvelles formes d'organisation industrielle 38
1.1 Divers concepts, diverses situations 39
1.2 Quelques caractéristiques communes 42
1.3 Un choix nécessaire 46
2 La notion de district technologique 49
2.1 Convergence technologique et spécialisation à l'échange 50
2.2 Concentration spatiale des activités 52
2.3 Organisation en réseaux 53

Chapitre 3 **L'Arc jurassien: un district technologique** 57

1 Une zone de spécialisation industrielle nationale 58
1.1 Importance économique des microtechniques 59
1.2 Structure de la concurrence et commerce extérieur 60
1.3 Concentration des activités microtechniques 65
2 Une organisation en réseaux 70
2.1 Tendances évolutives fondamentales en microtechniques 71
2.2 Filière de fabrication et principaux éléments de maîtrise industrielle 75
2.3 Enjeux des réseaux 81

Chapitre 4 **Innovation et réseaux d'innovation** 89

1 La théorie de l'innovation 90
1.1 La notion d'innovation 91
1.2 Le modèle linéaire 96
1.3 Le modèle de liaison en chaîne 102
2 L'innovation: un processus sous contraintes 109
2.1 Les contraintes techniques et de marché 111
2.2 Les contraintes organisationnelles 114

Chapitre 5 **L'innovation dans l'Arc jurassien** 123

1 Les pratiques des entreprises en matière d'innovation 123
1.1 Objectif et méthodologie d'enquête 124
1.2 Entreprises interrogées et cadre d'analyse 126
1.3 Typologie des entreprises interrogées 129

2 Caractérisation du district technologique 141
2.1 Le processus d'innovation dans le district technologique 142
2.2 Les réseaux d'innovation dans l'Arc jurassien 148
2.3 Le rôle du milieu en matière d'innovation 158

Conclusion 167

Annexes 175

Bibliographie 205

Introduction

Depuis le milieu des années septante, un ensemble de transformations a, en l'espace d'environ dix ans, profondément modifié le paysage industriel et est à l'origine de changements structurels qui affectent aujourd'hui la plupart des pays industrialisés. Ces transformations sont d'ordres technologique et économique. Les mutations survenues suite au développement rapide des nouvelles technologies[1] ainsi qu'à l'évolution des marchés[2] impliquent une période de transformation et d'adaptation des systémes productifs au potentiel offert par ces technologies et par les nouveaux marchés qui en résultent. En effet, en imposant un réaménagement des relations existantes entre technologies et modes de production, le nouveau paradigme techno-économique entraîne des modifications de l'organisation industrielle (FREEMANN, 1987).

Dans ce contexte, la littérature économique actuelle porte une attention toute particuliére aux phénoménes de changement technologique et d'innovation. Cet intérét trouve son origine dans une perception empirique de l'importance des facteurs technologiques et de l'innovation en matiére de

[1] Diffusion accélérée des techniques de l'information dans l'ensemble de l'économie, avènement de la micro-électronique et des microprocesseurs et leur rapide application dans les industries manufacturières, bouleversements dans les techniques des télécommunications, mise au point continue de nouveaux matériaux en substitution d'un grand nombre d'anciens produits des industries métallurgiques, expansion des biotechnologies et les autres développements qui leur sont liés.

[2] Evolution rapide et segmentation des marchès existants, apparition de nouveaux marchès, volatilité des produits et des procédés de fabrication, augmentation de la concurrence internationale et émergence de nouveaux concurrents.

compétitivité et de développement économique. La compétitivité est considérée, ici, comme l'expression du dynamisme des entreprises, c'est-à-dire comme la traduction de leur capacité d'innovation. Toutefois, si l'innovation (et les avantages compétitifs qui en découlent) résulte de l'effet propre des entreprises, notamment en matière de recherche et développement, elle dépend également, et de plus en plus, de leur aptitude à acquérir et à assimiler des technologies venant de l'extérieur. En effet, si l'entreprise demeure toujours l'acteur qui cristallise l'innovation, celle-ci ne peut se faire avec l'entreprise seule. Elle est le résultat d'un ensemble d'interactions entre des agents nombreux et diversifiés. En ce sens, l'innovation n'est plus exclusivement centrée sur l'entreprise; en tant que processus, elle fait intervenir de multiples acteurs. D'un point de vue empirique, ce constat souligne l'importance grandissante des problèmes liés à la cohérence du système de production dans lequel les entreprises s'insèrent. Selon cette approche, l'innovation dépend de variables que l'on peut considérer comme structurelles, parmi lesquelles la cohérence et la capacité adaptative du système productif, sa structure, son organisation, son fonctionnement et la nature de ses produits jouent un rôle central. Bien évidemment, d'autres éléments peuvent favoriser ou, au contraire, entraver le dynamisme productif et compétitif des entreprises.

Il ressort ainsi que les changements majeurs que l'on observe aujourd'hui impliquent un regard nouveau sur l'ensemble des structures de l'économie. Cette optique nouvelle débouche sur un concept de compétitivité structurelle (PORTER, 1990) et met en évidence les liens existants entre l'innovation, la structure de production, l'organisation industrielle et la croissance économique. Cependant, la diversité des situations observables rend caduque l'idée d'un modèle

unique de compréhension des phénomènes d'innovation. Elle incite, au contraire, à une diversité des démarches selon les industries, les secteurs, les produits, les marchés ou la taille des entreprises.

Dans cette perspective, l'objectif de cet ouvrage est d'analyser le fonctionnement et la dynamique propre à un mode particulier de localisation industrielle, que l'on peut qualifier de système territorial de production. En l'occurrence, il s'agit de saisir et de préciser les modalités des processus d'innovation dans un système territorial de production particulier: celui des microtechniques de l'Arc jurassien. Procéder à ce type de réflexion oblige à définir le statut accordé au territorial, c'est-à-dire à la production industrielle et à son inscription dans un territoire particulier.

Les théories classiques de la localisation (WEBER, 1929; ISARD, 1956) ont mis essentiellement l'accent sur des problèmes de coûts et sur une définition de l'espace comme distance physique. La localisation industrielle fait, ainsi, l'objet d'une analyse statique, étudiant une structure des préférences de localisation plutôt qu'un processus, et traitant en conséquence l'espace comme une donnée exogène sur lequel les entreprises ne peuvent influer, mais aux caractéristiques duquel elles s'adaptent avec des choix appropriés de localisation (CAMAGNI, 1980). Ainsi, les décisions de localisation industrielle sont le résultat d'une interaction entre une demande et une offre de facteurs de localisation. Des tentatives visant à dépasser ces approches traditionnelles ont cependant vu le jour. Elles ont essentiellement pour intérêt de considérer l'espace comme une variable, c'est-à-dire de postuler que la "localisation des agents est partie intégrante de l'ensemble des variables leur permettant de réaliser au mieux leur objectif" (MOUGEOT, 1975, p.26). Une telle conception débouche sur une tentative de théorie

de la localisation, en tant que variable influençant les modes de formation de l'espace et de structuration des territoires. En postulant que les processus d'innovation sont spécifiques aux tissus industriels localisés parce qu'ils apparaissent comme une conséquence des modes d'organisation intra-entreprises tout autant que des relations inter-entreprises locales, une telle théorie de la localisation est ainsi subordonnée à la conception plus dynamique de l'espace considéré comme un facteur clé dans les processus d'innovation.

Dans cette perspective et dés lors que l'on privilégie une compréhension économique des phénoménes d'innovation dans des systémes territoriaux de production, il convient de centrer l'analyse sur les phénoménes de dynamique industrielle, c'est-à-dire, sur la capacité des espaces productifs à s'adapter aux changements structurels (LONGHI et QUERE, 1993). Dans une telle logique d'analyse, l'espace devient une variable stratégique contribuant à la dynamique des processus d'innovation en facilitant l'établissement de modes de collaborations locales entre les entreprises.

Dans le prolongement de ces travaux, cet ouvrage vise ainsi à développer une analyse mettant en évidence le rôle de l'environnement territorial, et plus spécifiquement celui du milieu, en matiére d'innovation dans le district technologique que constitue l'industrie des microtechniques de l'Arc jurassien.

En l'occurrence, il s'agit de rechercher quelle peut être l'incidence du milieu de l'Arc jurassien sur les capacités d'innovation des entreprises au travers, notamment, de l'établissement de réseaux de production et d'innovation. Fil conducteur de cet ouvrage, la question fondamentale à laquelle la présente contribution entend apporter des éléments

de réponse peut être formulée de la manière suivante : considérant les contraintes techniques et économiques qui caractérisent le district technologique des microtechniques, quel est le rôle du milieu dans la capacité d'innovation des entreprises de l'Arc jurassien?

Afin de répondre à cette question, cet ouvrage est articulé en deux temps. Pour chacun d'eux, les lignes qui suivent présentent succinctement la démarche de recherche, les hypothéses et les questions soulevées.

La mise en évidence des apports du milieu dans la capacité d'innovation des entreprises de l'industrie des microtechniques de l'Arc jurassien suppose, au préalable, une description de l'organisation, du fonctionnement ainsi que de l'évolution de cette derniére. Dans cette perspective et à partir d'une démarche inductive, cet ouvrage formalise, dans un premier temps, un cadre d'analyse permettant de caractériser ce que l'on peut considérer, dans l'Arc jurassien, comme un district technologique orienté vers les microtechniques. Sur la base d'une analyse des changements techniques et économiques auxquels cette industrie est soumise, il s'agit de mettre en évidence les tendances évolutives fondamentales en microtechniques et de montrer en quoi ces tendances débouchent sur des modalités d'organisation industrielle particuliére au travers de la mise en place de réseaux de production et d'innovation. L'hypothése développée considére que, face aux contraintes techniques et de marchés actuelles, l'innovation constitue une option stratégique indispensable au maintien de la compétitivité des entreprises microtechniques de l'Arc jurassien. Partant des caractéristiques de la structure de production dans l'industrie des microtechniques, l'analyse montre en quoi la constitution de réseaux de collaboration constitue

une réponse organisationnelle appropriée à la complexité du processus d'innovation.

Dans un second temps, ce travail procéde d'une démarche déductive qui, sur la base des éléments développés en premiére partie, entend étudier les conditions et les modalités de mise en place de réseaux d'innovation dans l'Arc jurassien. A partir de l'analyse de cas concrets de réseaux établis ou en phase de constitution, il s'agit de mettre en évidence les mécanismes à l'origine de ces réseaux ainsi que les effets de ces derniers sur la capacité d'innovation des entreprises microtechniques. A ce niveau, plusieurs questions peuvent être posées, en particulier: quels sont les déterminants stratégiques qui poussent certaines entreprises à se constituer en réseaux? comment se développent les interactions entre les différents acteurs? quelles règles de fonctionnement gérent leurs relations? etc.. L'étude empirique de la genése, de la dynamique de fonctionnement et de l'évolution des réseaux d'innovation doit permettre d'apporter des éléments de réponse à ces interrogations.

Au-delà de la description proprement dite des principales pratiques poursuivies par les entreprises en matière d'innovation, il s'agit de se demander quelles sont les conditions, extérieures aux entreprises, nécessaires à l'innovation et à la constitution de réseaux. L'hypothèse développée considére que l'environnement territorial joue un rôle central dans la constitution de réseaux de production et d'innovation indispensables au maintien et au renouvellement de la compétitivité des entreprises microtechniques de l'Arc jurassien. Dans cette perspective, il s'agit de décrire le rôle du milieu, en tant qu'ensemble organisé et territorialisé, dans la mise en place de réseaux et sur leur évolution. L'approche choisie considère que les réseaux d'innovation, dans bien des cas, ne préexistent pas au milieu de l'Arc jurassien, mais

qu'ils sont sécrétés par ce dernier. L'entreprise ne peut être ainsi conçue comme un agent innovateur isolé, mais doit, au contraire, être appréhendée comme un élément du milieu qui la fait agir. Selon cette approche, le milieu doit être perçu, en quelque sorte, comme un incubateur de l'innovation dans le district technologique de l'Arc jurassien. A la fois parties intégrantes et parties constitutives du milieu, l'esprit d'entreprise, les pratiques organisationnelles, les comportements d'entreprises, la maniére d'utiliser les techniques, d'appréhender le marché et les savoir-faire deviennent ainsi des composantes fondamentales de l'innovation et des réseaux. Inversement, il faut se demander quel est l'impact, sur le milieu, des processus d'apprentissage qui sont engendrés par les réseaux, et comment ceux-ci contribuent à l'accroissement des capacités créatrices du milieu.

L'ouvrage est divisé en cinq chapitres. Pour chacun d'eux, les lignes qui suivent présentent les principales questions traitées et les réponses apportées.

En quoi consistent les microtechniques? Quels sont les principaux produits qui en sont issus? A quelles techniques font-elles appel? Quels sont les principaux événements historiques et économiques à l'origine des microtechniques dans l'Arc jurassien?

Le Chapitre 1 montre comment et pourquoi les microtechniques constituent un ensemble d'activités interdépendantes destinées à la réalisation de produits miniaturisés qui reposent sur des compétences multidisciplinaires. Il retrace les principaux facteurs à l'origine des microtechniques dans l'Arc jurassien, leur évolution ainsi que leur organisation sous la forme d'un systéme territorial de production.

L'organisation spatiale des microtechniques dans l'Arc jurassien suggére la constitution d'un district technologique. A quoi renvoie cette notion? Dans quel contexte techno-économique prend-elle naissance? Quelles en sont les principales caractéristiques?

Au travers d'une rapide synthése de la littérature, le Chapitre 2 précise le courant de pensée dans lequel se situe la notion de district technologique. Parmi les nombreux concepts analytiques développés, il indique en quoi la notion de district technologique constitue un cadre d'analyse permettant d'appréhender l'émergence, la structure et l'organisation d'une nouvelle génération de systèmes productifs localisés, liés aux nouvelles technologies, orientés vers l'innovation et fondés sur une organisation de la production en réseaux.

En regard des éléments théoriques présentés, en quoi le systéme territorial de production des microtechniques de l'Arc jurassien peut-il étre assimilable à un district technologique? A l'instar de ce dernier, le systéme territorial de production des microtechniques de l'Arc jurassien constitue-t-il effectivement une zone de spécialisation industrielle nationale? Procéde-t-il d'une organisation productive orientée vers les réseaux d'innovation?

Le Chapitre 3 montre que plusieurs points de repére confirment l'existence, dans l'Arc jurassien, d'un district technologique orienté vers les microtechniques. Il montre que l'Arc jurassien concentre une part importante des emplois et des firmes liés aux activités microtechniques de Suisse et que ces derniéres jouent un rôle économique dont l'importance ne cesse de croître, tant à l'échelle nationale qu'internationale. En décrivant la structure productive des microtechniques dans l'Arc jurassien, il présente les raisons et les enjeux d'une

organisation de la production sous forme de réseaux d'innovation.

En considérant les caractéristiques dominantes de ce district, à savoir la nécessité d'innover en permanence et d'adopter une organisation en réseaux, il s'agit d'étudier les contraintes fondamentales que pose l'innovation et de mettre en évidence les principaux éléments à prendre en compte en la matière. Qu'entend-on par innovation? Quelles sont les sources et les contraintes de l'innovation? Quelles formes d'organisation nécessite-t-elle?

Après un bref commentaire sur la notion même d'innovation, le Chapitre 4 propose une rapide synthèse de la littérature et débouche sur une modélisation conceptuelle du processus d'innovation. Il présente les principales contraintes inhérentes à ce processus et porte l'accent sur les aspects organisationnels de l'innovation. Les réponses apportées débouchent, ainsi, sur la construction d'un cadre d'analyse et de réflexion permettant d'aborder le problème de l'innovation dans le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien.

A la lumière des éléments théoriques développés dans le Chapitre 4 apparaissent les grands traits de caractère de l'innovation. En regard de ces éléments, quelles sont les spécificités du district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien en matière d'innovation? Comment les entreprises innovent-elles? Quelle est la nature des innovations réalisées? Quel est le rôle des facteurs territoriaux en matière d'innovation?

Sur la base d'une enquête empirique, le Chapitre 5 dresse une typologie des entreprises microtechniques de l'Arc jurassien en fonction de leurs pratiques productives et organisationnelles en

matière d'innovation. En partant de cette typologie, il met en évidence les principales caractéristiques des processus d'innovation dans le district technologique. Il présente les divers aspects du processus d'innovation en microtechniques en mettant l'accent sur les implications d'un tel processus sur les modalités organisationnelles des entreprises de l'Arc jurassien. A partir d'une typologie des réseaux d'innovation constitués par les entreprises, il met en évidence la diversité des formes d'organisation des processus d'innovation dans le district technologique ainsi que la nature différenciée des innovations réalisées. Il présente le rôle des facteurs territoriaux, et plus spécifiquement celui du milieu, dans la constitution des réseaux d'innovation dans le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien. Il montre en quoi le milieu de l'Arc jurassien peut être assimilé à un incubateur de l'innovation dans le district technologique.

Chapitre 1

Les microtechniques dans l'Arc jurassien

Probablement plus que tout autre domaine industriel, les microtechniques sont le lieu de rencontre de nombreuses disciplines techniques et de nombreuses activités économiques[1] débouchant sur de multiples produits. De ce fait, le vocable "microtechniques", bien que couramment utilisé, n'est pas exempt d'ambiguïté. Dés lors, avant même de retracer la genèse de ces activités dans l'Arc jurassien, il est nécessaire d'en préciser le contenu. En quoi consistent les microtechniques? Quels sont les principaux produits qui en sont issus? A quelles techniques font-elles appel? Quelles sont les activités concernées? Telles sont les questions traitées dans la premiére partie de ce chapitre. La seconde partie entend, quant à elle, présenter les principaux événements historiques et économiques à l'origine des microtechniques dans l'Arc jurassien.

1 Définition des microtechniques

Alain Langlois disait à propos de la technique que "même conçue comme désignant un moyen, élémentaire ou non, d'action sur la matiére, ou un procédé plus ou moins complexe de résolution d'un probléme, la technique reste insaisissable pour quiconque aime les définitions précises et incontestables" (LANGLOIS, 1980, p. 4). Que dire alors des microtechniques?

[1] A partir de la Nomenclature Générale des Activités Economiques (OFS, 1985), on peut recenser 17 genres d'activités économiques considérées comme globalement microtechniques (MAILLAT et al., 1993a). La liste de ces activités figure en Annexe 1.

Carrefour de disciplines, les microtechniques ne possèdent en réalité pas de définition stricte. Est-ce á dire qu'elles sont, à l'instar de la technique, insaisissables? Certainement pas, et pour cause, les microtechniques se matérialisent avant tout sous forme de composants, de systémes et de produits bien réels et parfaitement saisissables. Même si, pour ce faire, il est parfois utile de se munir au préalable de brucelles et d'un "migros[2]", tant il est vrai que la caractéristique première de ces produits est la *miniaturisation*!

La premiére difficulté, lorsqu'on se propose d'aborder les microtechniques, est donc incontestablement celle de leur contenu sémantique, tant on s'aperçoit en passant d'un auteur á un autre que cette notion, quoique répandue[3], ne signifie pas la méme chose pour tous. Cet obstacle terminologique provient du fait que le vocable "microtechniques" est un terme fondamentalement générique qui recouvre de nombreux domaines d'activités orientés vers une famille de produits industriels. De la sorte, les définitions proposées, souvent partielles, varient selon les aspects sur lesquels chaque auteur entend porter l'accent. Ainsi, certaines insistent sur les technologies et les techniques utilisées dans la

---

2 Abréviation altérée de microscope, le "migros" est un terme impropre employé par les horlogers pour désigner des instruments d'optiques simples qui sont des loupes de faible grossissement (BERNER, 1961).

3 Bien que de nombreux pays fassent appel á cette notion, la désignation du domaine des microtechniques n'est pas la même partout. La Suisse a accepté en 1985 la désignation "MICROTECHNIQUE" respectivement "MIKROTECHNIK" en suisse allemand. L'Allemagne utilise le terme de "FEINGERÄTETECHNIK", tandis qu'en anglais, la désignation "MICROENGINEERING" a été introduite en 1981, lors d'une séance d'un groupe d'experts internationaux. En France, on parle plutôt "DES MICROTECHNIQUES" (ASMT, 1987). Sans vouloir s'engager dans une polémique stérile, on utilisera, tout au long de cet ouvrage, le terme "microtechniques" au pluriel parce qu'il illustre explicitement la pluralité des techniques utilisées dans ce domaine.

fabrication ou incorporées dans les produits. D'autres s'appuient sur les fonctions et les propriétés des produits eux-mêmes. D'autres encore portent l'accent sur les procédés de fabrication ou soulignent la nature et le type d'acteurs concernés. Rares sont les définitions globales communément acceptées.

A dire vrai, hormis le fait que les microtechniques soient considérées, de manière générale, comme les techniques du petit et du trés petit, le seul point qui fasse véritablement l'unanimité parmi les auteurs spécialisés, c'est justement les difficultés rencontrées à les définir! Aprés pareil constat, on est enclin à considérer qu'il appartient finalement à chacun de définir les dimensions pertinentes pour l'objet de sa propre interprétation.

Dans cette perspective, on adoptera tout au long de cet ouvrage la définition suivante: les microtechniques constituent un ensemble d'activités qui entretiennent des rapports d'interdépendance plus ou moins forts et dont la finalité est la réalisation et la vente de produits miniaturisés en ayant recours à la combinaison de techniques et de savoir-faire divers.

Approcherait-on de la définition précise et incontestable dont parlait Alain Langlois? Inspirée par divers auteurs, cette définition originale[4] apporte en tous les cas un éclairage intéressant. Elle indique en particulier que les microtechniques s'articulent autour de trois éléments fondamentaux:

- des **activités** au sens large, c'est-à-dire des activités de production, de service, de recherche

[4] La définition proposée repose sur les résultats d'une large étude sur les microtechniques commanditée par le Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique [FNSRS] dans le cadre du Programme national de recherche N°28 (MAILLAT et al., 1992a).

et de formation. Les liens d'interdépendance entre ces diverses activités se manifestent sous la forme de rapports formels ou informels, marchands ou non marchands qui peuvent porter sur des flux de biens, de services, des flux financiers, de main-d'oeuvre, de technologies ou encore de connaissances et de savoir-faire.

- des **produits industriels** (composants, systèmes, produits de consommation, biens d'équipement) intégrant plusieurs techniques différentes et destinés à des marchés trés variés (horlogerie, industrie automobile, aérospatiale, télécommunication, santé, électronique grand public, etc.).

- des **techniques** variées (micromécanique, micro-électronique, opto-électronique, nouveaux matériaux, etc.) et les **savoir-faire** qui leur sont liés et qu'il s'agit de combiner pour réaliser les fonctions prises en charge par des produits toujours plus complexes.

Les lignes qui suivent reprennent plus en détail ces trois éléments de définition. Par souci de clarté, les trois caractéres essentiels et déterminants des microtechniques sont présentés dans un ordre différent.

1.1 Une famille de produits

Aborder les microtechniques par leur finalité, c'est-à-dire par les produits qui en sont issus, constitue probablement la meilleure illustration permettant de saisir, d'un bref coup d'oeil, en quoi elles consistent. Loin d'être exhaustive, la liste qui suit (**Tableau 1**) donne quelques exemples de produits pouvant se prévaloir de l'étiquette "microtechniques".

Selon l'Association Suisse de Microtechnique, "la microtechnique englobe les appareils et machines qui acquiérent, traitent et restituent de l'information. Font également partie des produits de la microtechnique les machines de petites dimensions qui transforment de l'énergie et de la matière, ainsi qu'un grand nombre de composants" (ASMT, 1987, p. 4). Confinées dans la miniaturisation, les microtechniques concernent donc, non seulement, la fabrication de produits de consommation et de biens d'équipements mais également la production de composants et de systémes qui sont intégrés dans des dispositifs de taille parfois beaucoup plus importante (instruments de bord d'avion ou de navette spatiale, robot industriel, ordinateur, etc.).

Tableau 1:exemples de produits microtechniques

Montres, chronomètres, réveils, horloges, etc.
Appareils de télécommunication (téléphone, Natel, téléscripteur, etc.)
Appareils optiques (appareil photo, caméscope, lunettes, etc.)
Electroménager mécanique et électronique (lampe, mixer, etc.)
Electronique grand public (radio, TV, vidéo, lecteur de disques, etc.)
Jouets techniques (train miniature, boîte de construction, modéle d'avion, etc.)
Machines de bureau (machine à écrire, PC portable, photocopieuse, etc.)
Instruments de mesure et de contrôle (balance de précision, compteur, etc.)
Instruments médicaux (stimulateur cardiaque, endoscope, prothése, etc.)
Robots industriels, robots d'assemblage, etc.
Composants/systémes (relais, micromoteur, capteur, composant électronique, etc.)

Source: ASMT, 1987

La précision requise dans la fabrication de produits miniatures a des conséquences importantes tant au niveau des équipements de production, des procédés de fabrication qu'au niveau des matériaux utilisés. En effet, pour réduire à l'extrême la dimension des produits, il est nécessaire de modifier fondamentalement les méthodes de

production traditionnelles et d'adopter de nouvelles techniques de fabrication qu'il s'agit de combiner.

1.2 Une combinatoire de techniques

Les exemples de produits présentés dans la section précédente indiquent, implicitement, que les microtechniques ne concernent pas seulement les questions relevant de la micromécanique ou de l'électromécanique, mais qu'elles englobent toute une gamme d'autres disciplines techniques. En effet, si, à l'origine, les produits étaient entièrement basés sur la micromécanique, à l'heure actuelle, les microtechniques, synthèse de techniques fort différentes, font de moins en moins appel à des solutions mécaniques et de plus en plus à des solutions électroniques et optiques. Ainsi, les techniques utilisées pour la réalisation de fonctions spécifiques (mesure, commande, conversion de signal, etc.) par le biais de produits ont profondément changé.

Ces derniéres années, suite aux progrès rapides qu'ont connus notamment la micro-électronique, l'optique et la science des matériaux, on assiste à une forte pénétration de ces disciplines dans les produits microtechniques. "Pour réaliser certaines fonctions dans les appareils de microtechnique, on s'éloigne de plus en plus de solutions mécaniques. Citons dans ce contexte, à titre d'exemples types, le passage de la machine à calculer mécanique au calculateur électronique ou de la montre mécanique à la montre électronique. On a également assisté à la pénétration des matiéres plastiques dans les produits de la microtechnique pour remplacer à maints endroits les métaux" (BURCKHARDT, 1990a, p. 3).

Ces considérations montrent clairement que les microtechniques font appel à des techniques et des

savoir-faire multidisciplinaires. Pour s'en convaincre, les adeptes de l'école participative et les amoureux du pragmatisme n'auront qu'à se munir d'un tournevis, au besoin d'un bon marteau, et à ouvrir, d'une maniére ou d'une autre, le boîtier d'un lecteur CD, merveille de microtechniques. Les autres, moins enclins à l'expérimentation, se contenteront de lire et de croire sur parole celui qui a déjà tenté l'expérience: "Dans un lecteur CD, on trouve, entre autres, un laser à semi-conducteur, des lentilles en matiére plastique fabriquées par injection, des piéces mécaniques faites par découpage de tôles, par décolletage de métaux et par injection de matiéres plastiques, des circuits intégrés et un câblage par circuits imprimés souples" (BURCKHARDT, 1990b, p. 9).

Au-delà d'une simple énumération d'éléments constitutifs, cet exemple illustre l'intégration de bases mécaniques, micro-électroniques et opto-électroniques au sein d'un produit microtechniques et met en lumiére l'aspect combinatoire des techniques utilisées en ce domaine. Ce caractére combinatoire génére une contrainte majeure en microtechniques. La prise en compte de la micro-électronique, des nouveaux matériaux et, dans certains cas, de l'optique a, en effet, pour conséquence d'augmenter la complexité des processus de fabrication et nécessite des savoir-faire souvent trés pointus, toujours plus spécialisés. Une telle complexification technique débouche sur un éclatement des savoir-faire et des activités spécialisées dont la combinaison fonctionnelle s'avére pourtant indispensable à la réalisation de produits microtechniques. Cette désintégration verticale de la production implique non seulement des collaborations économiques (accords de sous-traitance, partenariat, etc.), mais également des collaborations scientifiques et techniques nécessaires à la mise à niveau des procédés, des produits ainsi que des qualifications de la main-

d'oeuvre. Dans ce contexte, on comprend mieux pourquoi les microtechniques doivent être considérées comme un ensemble d'activités interdépendantes.

1.3 Un ensemble d'activités interdépendantes

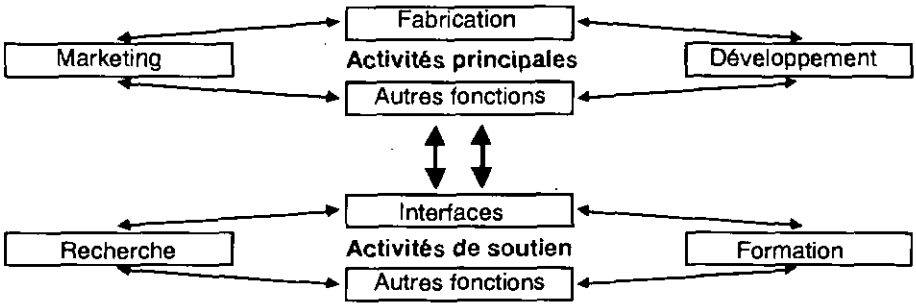
Les microtechniques correspondent à la conjonction de plusieurs techniques et savoir-faire. L'intégration de ces techniques et savoir-faire dans un produit n'est, toutefois, pas nécessairement réalisée au sein d'une seule et même entreprise. En réalité, bien des composants et des systémes microtechniques sont réalisés par des firmes spécialisées qui ne maîtrisent, souvent, que partiellement l'ensemble du processus de fabrication et qui, de ce fait, ne constituent qu'un maillon de la chaîne microtechniques.

Les microtechniques procèdent ainsi de nombreuses activités, plus ou moins spécialisées, qui ont pour objectif la conception, la fabrication, la commercialisation, la distribution et le soutien de leurs produits. Elles se présentent donc comme un ensemble d'activités interdépendantes au sein duquel se tissent des relations d'échange d'intensité variable. En s'inspirant des travaux de Porter (1990), on peut distinguer deux catégories fondamentales d'activités microtechniques, en interaction avec un environnement technique et de marché global: les activités principales et les activités de soutien (**Figure 1**).

Les activités principales portent sur la création matérielle et la vente du produit, son transport jusque chez le client et le service aprés-vente. Les activités de soutien viennent à l'appui des activités principales et assurent, quant à elles, l'achat des

moyens de production en fournissant la technologie (recherche, transfert technologique), les ressources humaines (formation, formation continue), les ressources en capital, ainsi qu'en assurant diverses autres fonctions de services spécialisés (marketing, conseil juridique et technique, etc.). Parmi ces dernières on trouve notamment la fonction d'interface qui facilite et renforce les liens et l'échange d'informations techniques et commerciales entre activités (mise en contact, par exemple, des entreprises et des centres de recherche ou de formation).

Figure 1: interdépendance des activités microtechniques



L'ensemble de ces activités (activités principales et de soutien) sont parfois prises en charge par une seule et unique entreprise de taille importante, voire par un groupe. Cependant, la plupart des firmes actives dans les microtechniques sont des petites et moyennes entreprises qui ne disposent pas de l'ensemble des compétences et des ressources nécessaires à la maîtrise de l'ensemble du

processus de fabrication (MAILLAT et al., 1993a). On assiste ainsi à une division du travail et à la mise en place de relations intra et intersectorielles. Les changements technologiques et économiques actuels impliquent, au niveau des entreprises, une mise à jour constante au travers d'un effort soutenu en matière de formation (qualification des ressources humaines) et de recherche (progrés technique), nécessitant une infrastructure solide en ce domaine sur laquelle la sphére industrielle puisse compter. Ce constat met en évidence le fait que les activités industrielles, la recherche et la formation doivent étre considérées, dans le domaine des microtechniques, comme un tout indissociable.

La conjonction des trois principaux éléments de définition présentés dans ce chapitre améne ainsi à considérer les microtechniques comme une industrie à part entiére. Cette derniére se présente comme articulée autour d'un ensemble d'activités interdépendantes destinées à la réalisation de produits industriels miniaturisés spécifiques qui reposent sur la combinaison de nombreuses technologies.

Les grands traits de caractére des microtechniques ayant été présentés, il s'agit désormais de voir plus précisément comment celles-ci sont apparues dans l'Arc jurassien.

2 La genèse des microtechniques dans l'Arc Jurassien

L'émergence des microtechniques dans l'Arc jurassien s'inscrit dans l'histoire économique, technique, sociale et institutionnelle de l'espace sur lequel elles se sont formées. Dans cette perspective, l'apparition et le développement de ces activités doivent être étudiés dans une dimension

dynamique, mettant en évidence leur évolution historique. L'objectif n'étant pas, ici, de faire l'histoire des microtechniques, on se contentera simplement de mentionner les principaux facteurs à l'origine de ces activités dans l'Arc jurassien[5].

2.1 Présentation de l'Arc jurassien

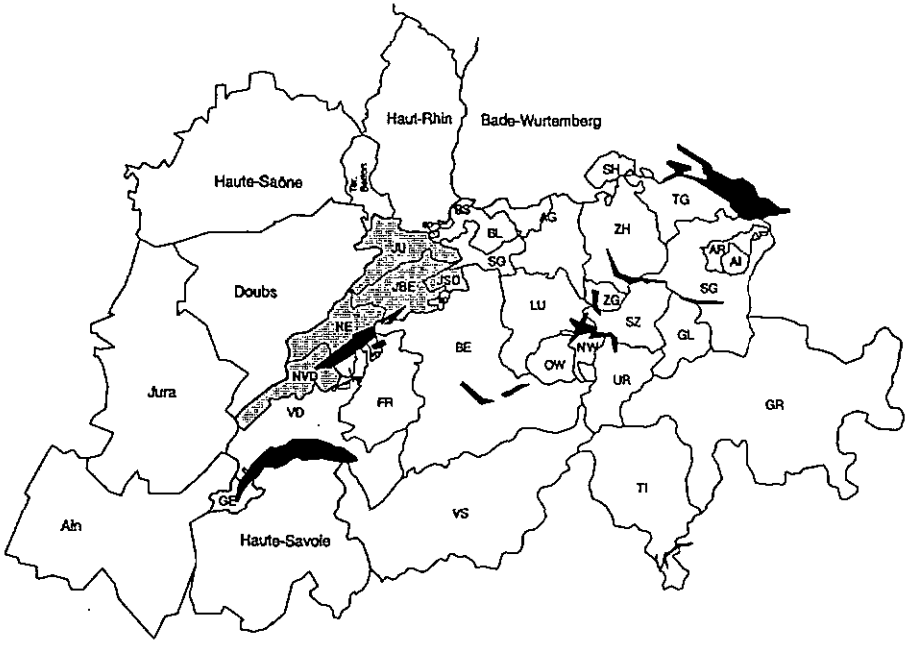
Situé au nord-ouest de la Suisse, à la périphérie des grands centres, l'Arc jurassien s'étend au pied de la Chaîne du Jura et comprend les cantons de Neuchâtel et du Jura, une partie du canton de Vaud, le Nord-Vaudois et la Vallée de Joux, une partie du canton de Soleure: le Jura soleurois et une partie du canton de Berne: le Jura bernois (**Figure 2**).

Ce découpage, qui ne correspond pas aux frontières politico-administratives de la Suisse, s'explique par la vocation industrielle de longue date qui a fondé l'économie locale et qui a marqué la culture technique et les savoir-faire de l'ensemble de cette région (FRAGOMICHELAKIS, 1994). L'économie de l'Arc jurassien s'est développée en s'industrialisant sous une forme diffuse de type district industriel centré sur la filière horlogère (PEYRACHE, 1991; MAILLAT et PERRIN, 1992b; PERRIN, 1993). Appelé autrefois la région horlogère en raison de l'existence d'une tradition industrielle séculaire en ce domaine, l'Arc jurassien, à la suite des bouleversements conjoncturels et structurels engendrés par la crise horlogère amorcée dans les années septante, s'est progressivement orienté vers des activités qui dépassent à l'heure actuelle largement le cadre de l'industrie horlogère traditionnelle pour se centrer

5 La concentration des activités microtechniques n'est pas propre à l'Arc jurassien. On retrouve en effet des concentrations analogues dans la plupart des pays industrialisés (MAILLAT et al., 1992c).

sur la fabrication de nouveaux types de produits microtechniques. Son organisation industrielle est liée au développement progressif de multiples réseaux de production et de collaboration (GLASMEIER, 1991) qui ont engendré une culture technique et des savoir-faire communs à l'ensemble de la région, donnant naissance à ce que Perrin (1993) nomme un "milieu industriel territorial".

Figure 2: l'Arc jurassien suisse



Constitué par un réseau dense de sous-traitants, de PME et de grandes entreprises qui entretiennent des relations de type concurrence-coopération entre elles, l'ensemble de la région dispose, à

l'heure actuelle, d'un fort potentiel industriel, d'un réservoir de main-d'oeuvre hautement qualifiée ainsi que de savoir-faire traditionnels (micromécanique, horlogerie, machine-outil) associés, au cours de ces quinze derniéres années, à de nouveaux savoir-faire et également d'une ouverture aux nouvelles technologies (micro-électronique, optique, nouveaux matériaux, etc..) (MAILLAT et PERRIN, 1992b).

L'évolution technologique à l'origine de la constitution de nouvelles activités microtechniques a été déterminante pour la relance de la dynamique locale, après la crise de la filiére horlogére. Cette évolution est faite de continuités et de ruptures. Pour comprendre ce processus, il est utile de remonter dans le temps. L'histoire permet, en effet, de restituer les principaux éléments à l'origine de la formation et du développement des activités microtechniques de l'Arc jurassien.

2.2 Origine des microtechniques dans l'Arc jurassien

A la base du développement technique et industriel de l'Arc jurassien, la petite mécanique a joué un rôle déterminant dans la fabrication de divers instruments de précision ainsi que dans la mise en place, dès le XVIIème siécle, d'une tradition horlogére. Importante non seulement en soi et pour soi, cette derniére a suscité de nombreux développements dans l'Arc jurassien au travers de l'influence exercée sur les autres branches industrielles (LANDES, 1987). En effet, si au départ chaque horloger produit ses propres outils, on passe progressivement à une production commerciale assurée par des faiseurs d'outils spécialisés. On assiste ainsi, peu à peu, au développement d'une branche d'outillage capable

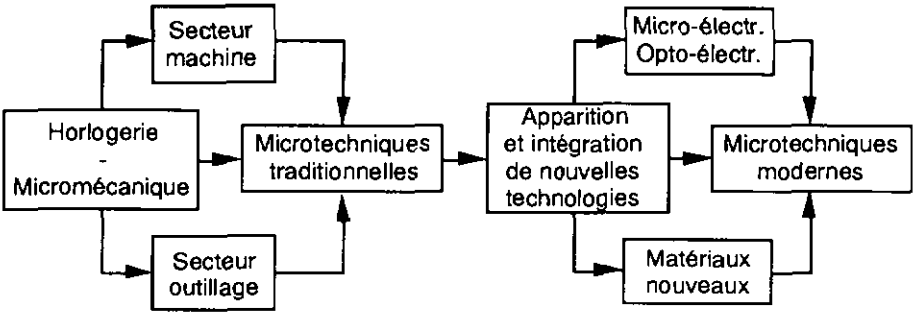
de créer de nouveaux instruments, de nouvelles machines et de nouvelles techniques. Au début, les outils de précision utilisés étaient essentiellement des outils à main (étaux, brucelles, bocfils, tours, limes, etc.). Par la suite (XVIIIème siècle), l'industrie horlogère adopta des appareils tels que des machines à fendre les roues et à tailler les fusées, à raboter, à centrer et à replanter, permettant des gains considérables de productivité dans la fabrication des ébauches. A partir du dernier quart du XVIIIème siècle, on commence à mécaniser la production en construisant des machines destinées à la production de masse d'ébauches standards et, dès le milieu du siècle passé, l'Arc jurassien est réputé pour produire en grande série des petits mécanismes (montres, horloges, boîtes à musique, automates, etc.) (LANDES, 1987).

L'horlogerie a contribué ainsi à l'essor de nouveaux secteurs industriels tels que l'outillage, l'instrumentation ou encore l'industrie des machines. Dans un premier temps, ces secteurs se sont développés essentiellement à partir des besoins horlogers. Ils ont progressivement acquis leur propre autonomie pour se constituer en domaines d'activités particuliers (**Figure 3**).

A partir du milieu du XIXème siècle débute l'industrie des télécommunications avec la création, par la Confédération, d'un atelier de fabrication d'équipements télégraphiques en vue de mettre en place un réseau de communication. Ce nouveau secteur émane directement de l'industrie horlogère dans la mesure où il repose sur les savoir-faire acquis dans ce domaine. Cet atelier, devenu en 1909 Hasler AG, la société la plus ancienne à la base du groupement actuel ASCOM, s'est concentré par la suite sur la fabrication d'équipements téléphoniques, puis a diversifié sa production dans des domaines aussi variés que les émetteurs radio, les instruments de météorologie,

les tachymétres, les machines à affranchir, etc., produits typiques des microtechniques actuelles. D'autres entreprises se développérent ainsi à partir du savoir-faire acquis dans l'horlogerie comme, par exemple, Landis et Gyr qui, à partir de 1896, fabriqua des compteurs d'électricité et se diversifia par la suite dans les domaines de la télémesure, de la régulation et des installations de montage automatique (BURCKHARDT, 1990a).

Figure 3: évolution historique des microtechniques dans l'Arc jurassien



Force est de constater que l'horlogerie est à l'origine de savoir-faire en miniaturisation et en micromécanique qui se sont progressivement enrichis et développés au contact de nouvelles technologies (micro-électronique, optique, science des matériaux, etc.). Ces savoir-faire déterminent grandement l'essor de nouvelles activités microtechniques qui trouvent des applications (téléphones, appareils médicaux, instruments de mesure et de contrôle, machines de bureau, équipements périphériques pour ordinateur, etc.) dans des domaines qui dépassent, à l'heure

actuelle, largement le cadre de l'industrie horlogère traditionnelle. Ces activités ont ainsi un rôle important à jouer dans le processus d'innovation et de recomposition du système de production de l'Arc jurassien, compte tenu du lien qu'elles permettent de tisser entre les technologies traditionnelles et les technologies nouvelles.

On observe ainsi une certaine continuité de la tradition horlogère aux savoir-faire actuels en microtechniques. Cette continuité ne s'est toutefois pas réalisée sans heurts, selon une trajectoire linéaire. En réalité, il est plus exact de parler d'un processus de rupture-filiation (AYDALOT, 1986) issu de la nécessité d'adaptation du tissu économique de l'Arc jurassien face aux modifications de l'environnement techno-économique global.

2.3 Le processus de rupture-filiation

Si, historiquement, l'Arc jurassien a bénéficié d'importants savoir-faire en microtechniques traditionnelles (montres et horloges mécaniques, gramophones, machines à écrire, appareils de mesure, boîtes à musique, micro-outillage, etc.), il faut garder à l'esprit qu'il s'agissait là de microtechniques élémentaires, à base essentiellement mécanique (ou électromécanique), par opposition aux microtechniques modernes actuelles qui procédent d'une combinaison de techniques alliant micromécanique, micro-électronique, nouveaux matériaux et, dans de nombreux cas, optique ou opto-électronique.

La genèse des microtechniques combinatoires dans l'Arc jurassien remonte à la fin des années soixante et au début des années septante avec le développement de la montre à quartz, en 1967, au

Centre Electronique Horloger [CEH][6]. Cette réalisation procéde, pour la premiére fois, d'une véritable combinaison technologique entre la micromécanique et la micro-électronique.

Durant la période de crise amorcée dans les années septante, l'ensemble de la filière horlogére a subi les contre coups des mutations technologiques et de l'émergence de nouveaux concurrents industriels (pays d'Asie). A l'origine de cette crise, le passage (retardé) de la montre mécanique traditionnelle à la montre électronique fit perdre de sa compétitivité à l'industrie horlogére (GLASMEIER, 1991). L'heure avait sonné de la révolution du quartz, et la filiére horlogére se trouva confrontée à un défi reposant "sur une transformation radicale de la technologie de la mesure du temps et aboutit à la création d'un instrument qui conservait les apparences d'une montre mais qui était en réalité un nouveau produit" (LANDES, 1987, p. 466).

Pourtant à l'origine de l'invention de la montre à quartz, l'Arc jurassien n'a pas su anticiper l'évolution de la demande mondiale vers les produits bon marché que cette technologie permet de réaliser. Landes (1987, p. 469) remarque qu'avec "cette nouvelle technologie, l'horlogerie devint réellement une nouvelle industrie, et il n'y a, somme toute, pas à s'étonner que ce terrain ait été envahi par des entreprises qui n'avaient jamais produit de montres auparavant. De fait, n'importe qui pouvait désormais acheter les nouveaux microcircuits, les faire monter

6 Créé le 30 janvier 1962, le Centre Electronique Horloger [CEH SA] était un institut communautaire dont les membres fondateurs étaient la Chambre Suisse de l'Horlogerie, la Fédération Horlogère, 16 manufactures, Ebauches SA et ASUAG. L'objectif du centre consistait en l'étude et la mise au point de garde-temps nouveaux. En 1984, le CEH SA a rejoint, par fusion de plusieurs laboratoires, le Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique [CSEM SA].

sur boîtier par une main-d'oeuvre non qualifiée et bon marché, le cas échéant dans des pays du tiers-monde, et les faire vendre par tous les magasins intéressés. L'expérience de la distribution et l'accés aux marchés importaient davantage, semblait-il, que la pratique de la fabrication, et une entreprise comme Gillette se lança dans la production de montres dans l'idée que l'on pouvait vendre des garde-temps comme des rasoirs ou des lames".

Suite au développement de la montre à quartz, une certaine diffusion s'est toutefois produite auprés des firmes et manufactures de l'Arc jurassien qui se sont mises à fabriquer et à vendre des montres à quartz en achetant les composants électroniques sur le marché (Girard-Perregaux, Omega, Longines, etc.). Cependant, comme le mentionne Crevoisier (1993, p. 194), "dans les années septante, ce sont essentiellement des petites entreprises indépendantes qui ont eu une attitude ouverte vis-à-vis des nouvelles techniques. Elles ont lancé trés tôt des produits électroniques pour compléter leur gammes mécaniques". En effet, les grandes entreprises ont longtemps hésité avant de se lancer dans la fabrication de montres électroniques et ont préféré suivre une logique d'exploitation (exploitation des technologies et des équipements existants) à une logique de création (réorganisation productive et investissement dans la technologie du quartz) (PERRIN, 1993).

Ce n'est que contraints par la chute de la demande des montres mécaniques que les grands fabricants se sont finalement engagés dans cette seconde voie. Crevoisier (1993, p. 195) explique cette attitude de la manière suivante: "Jusqu'au milieu des années septante, il subsiste un cloisonnement entre la recherche et la grande production dans l'horlogerie. La recherche est souvent considérée comme une vitrine. Ainsi le chronométrage sportif, qui utilisait déjà largement les techniques du quartz,

avait essentiellement pour fonction de promouvoir une marque, et n'était pas considéré à l'époque comme une activité susceptible de transformer la technique de la montre dans les entreprises".

Cette erreur stratégique de la filière horlogére s'est manifestée par une crise sans précédent avec une perte globale de plus de 56'000 postes de travail en quinze ans (1970: 89'448 emplois, 1985: 32'900 emplois, UBS, 1992)[7]. A ce niveau, il apparaît pertinent de parler d'une rupture dans le systéme traditionnel de production. Fortement spécialisé dans la production horlogére, l'Arc jurassien, du fait de la perte de sa compétitivité, voit rapidement s'élever le nombre de faillites et le nombre de chômeurs. Seule une restructuration complète de l'industrie impliquant un renouvellement de son potentiel technologique ainsi que la recherche de nouveaux débouchés, le changement complet des structures traditionnelles de production mais également de vente notamment par une nouvelle approche marketing (maintien de l'image de marque, utilisation des médias, sponsoring, etc.) a permis de sortir de cette crise. Le retournement ainsi réalisé à partir des années quatre-vingts est fondé, d'une part, sur la recherche de niches pour la fabrication de montres de haut de gamme et, d'autre part, sur un repositionnement du bas et moyen de gamme en développant des modéles trés mode tels que la "Swatch" afin de reconquérir les parts de marchés perdues face notamment au Japon (GLASMEIER, 1991).

Parallélement aux restructurations réalisées dans la filiére horlogére, un processus de filiation s'est

[7] Lire à ce sujet la thése développée par PERRIN (1993, p. 10) concernant le cycle de vie des milieux dans laquelle l'auteur considère que l'incapacité des firmes horlogéres à "réagir correctement à l'évolution de l'environnement est imputable à l'état de "maturité" auquel le milieu local était parvenu".

opéré à partir de cette industrie en direction de nouvelles activités microtechniques. Cette filiation se manifeste notamment par l'utilisation des savoir-faire traditionnels qui se sont renouvelés au contact de nouveaux savoir-faire. Comme le montre Aydalot (1986, p. 353), "l'innovation présente, quelle que soit sa nature, un caractére de filiation avec le tissu existant (usage du marché de l'horlogerie comme base de stratégie de diversification, glissement des qualifications mécaniques vers les qualifications électroniques, intégration progressive des produits électroniques issus de l'horlogerie à des usages nouveaux-circuits intégrés; diodes; etc.- association des technologies mécaniques et électroniques-robots- glissement vers des produits nouveaux présentant des caractéres communs avec l'expérience tirée de l'horlogerie-stimulateurs cardiaques-)".

La crise dans le secteur de l'horlogerie, conjointement à l'apparition de technologies nouvelles, a ainsi amené, dans un premier temps, les horlogers à diversifier leur production, c'est-à-dire à rechercher de nouveaux produits et de nouveaux débouchés[8] (appareils et instruments microchirurgicaux, micromoteurs, composants plastiques, altimétres, têtes d'imprimantes, etc.). Par la suite, de nombreux ingénieurs employés notamment dans les laboratoires horlogers[9] ont été

8 Les effets positifs des diversifications opérées dens le cadre de l'industrie horlogére doivent être cependant relativisés. Crevoisier (1993, p. 197) montre en effet que "les diversifications ont donné des résultets plus ou moins durables, car les horlogers ont souvent abandonné les efforts entrepris lorsque les effaires treditionnelles sont reparties".

9 Une importante infrastructure de recherche horlogère avait été mise en place à partir des années 1920. C'est ainsi que le Laboretoire de Recherches Horlogéres [LRH] a été créé en 1924, á Neuchétel, dans le but d'eborder de manière scientifique les problémes de recherche que les entreprises horlogéres de l'époque ne pouvaient résoudre par leurs propres moyens. Ce laboratoire est devenu, en 1940, le Leboratoire

contraints, leur avenir professionnel étant compromis, à rechercher, voire même à créer de nouveaux emplois. Ce sont les savoir-faire acquis alors qu'ils travaillaient au développement de la montre électronique qui leur ont permis de se reconvertir et, souvent, de monter dans la région leur propre entreprise dans le domaine des microtechniques. La reconversion de ces ingénieurs a contribué grandement au développement des activités microtechniques.

Parallélement à ces processus de diversification et de création de nouvelles entreprises, on assiste à une refonte des structures institutionnelles existantes, à la mise en place de nouvelles structures de recherche et de formation, ainsi qu'à une ouverture territoriale sur l'extérieur. Ces restructurations institutionnelles ont été rendues nécessaires parce que l'intégration des nouvelles technologies (en constante évolution) dans la plupart des produits microtechniques actuels nécessite des connaissances scientifiques et techniques étendues.

Parmi ces restructurations, on peut relever quatre éléments qui ont indéniablement contribué à relancer la dynamique locale.

Le premier concerne la fusion et la reconversion des anciens laboratoires horlogers en un Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique [CSEM SA]. Le Centre suisse d'électronique et de microtechnique a été fondé, avec l'appui de la Confédération, en 1984. Principal centre suisse de recherche et de développement dans le domaine des microtechniques, il est le résultat de la fusion de trois laboratoires horlogers (le Laboratoire Suisse

Suisse de Recherches Horlogéres [LSRH]. Par la suite, en 1962, a été créé, toujours à Neuchâtel, le Centre Electronique Horloger [CEH SA] qui avait pour objectif de faire un effort de recherche dans le domaine de l'électronique (BULLETIN SSC, 1990).

de Recherches Horlogéres [LSRH, 1924], le Centre Electronique Horloger [CEH, 1962] et la Fondation Suisse pour la Recherche en Microtechnique [FSRM, 1978]). La concentration des forces et des moyens des trois laboratoires ayant pour objectif de faire bénéficier plus largement les industriels des apports technologiques de la micro-électronique et des microtechniques.

Le deuxiéme élément porte sur la création d'instituts de recherche et de formation en microtechniques dans les Universités. L'Université de Neuchâtel délivrait depuis 1948 un diplôme d'ingénieur-horloger. Il devint en 1969 un diplôme d'ingénieur en microtechniques. Un institut de microtechniques fut par ailleurs créé dans cette Université en 1975 (ECABERT, et ROBERT, 1992). En 1978, le Conseil des écoles polytechniques fédérales [EPF] décidait de créer un diplôme d'ingénieur en microtechniques à l'EPF de Lausanne. Par la suite, en 1989, s'est créé le Département de microtechniques composé d'un institut de recherche et d'un laboratoire commun à l'Université de Neuchâtel et à l'EPFL, suite à une convention passée entre les deux écoles en 1978 et étendue en 1989 (MAILLAT et al., 1993a).

Le troisiéme élément a trait à la mise sur pied de formations d'ingénieurs en microtechniques dans les quatre écoles techniques supérieures de la région. On trouve, en Suisse, six écoles d'ingénieurs [ETS] délivrant des diplômes d'ingénieurs ETS en microtechniques dont quatre sont situées dans l'Arc jurassien. Ces écoles sont les suivantes : Ecole d'ingénieurs du canton de Neuchâtel (Le Locle), Ecole d'ingénieurs de Bienne, Ecole d'ingénieurs de l'Etat de Vaud (Yverdon-les-Bains), Ecole d'ingénieurs de Saint-Imier, Ecole d'ingénieurs de Genéve et Ecole d'ingénieurs de Buchs.

Enfin, le quatrième élément consiste en la mise en place de collaborations avec l'extérieur. Participation aux programmes européens de recherche, collaborations transfrontaliéres entre l'Université de Neuchâtel, l'Ecole Polytechnique de Lausanne et la Franche-Comté (Université de Besançon), accords entre l'Ecole d'Horlogerie et de Microtechniques de Porrentruy et l'Université Technologique de Compiégne-Sevenans, etc. (MAILLAT et al., 1993a).

L'histoire, l'organisation industrielle et les comportements collectifs ont joué un rôle prépondérant dans les processus d'adaptation aux changements technologiques et économiques ainsi qu'en matière d'innovation. Perrin (1993, p. 9) note à ce sujet que "l'effondrement de l'activité horlogére (...) et ses conséquences sur les autres secteurs ont révélé le caractére global de l'économie locale et, par delà la division du travail, la solidarité de toutes les composantes de la société territoriale". Au travers des réseaux de production et d'information existant entre les acteurs, le systéme productif a été à même de redistribuer et de générer les compétences nécessaires à la revitalisation du tissu industriel traditionnel, à sa réorganisation et à son développement en assimilant les nouvelles technologies. La facilité des contacts personnels et, par-là, de la transmission des informations a joué un rôle déterminant dans la mise en place de collaborations directes entre les acteurs tant privés que publics (collectivités locales, institutions de recherche et de formation). La dynamique locale apparaît donc manifestement dans les changements opérés et dans la genése de nouvelles activités microtechniques.

Le tissu industriel traditionnel de l'Arc jurassien a ainsi innové selon un processus de rupture-filiation où l'on ne bouleverse pas tout à la fois, que ce soit les marchés, les produits ou la technologie.

L'introduction de la micro-électronique, de l'optique et des nouveaux matériaux dans le système traditionnel de production a ainsi permis une revitalisation de celui-ci et a favorisé le développement de produits nouveaux, sans toutefois que l'organisation et la cohérence du système soient entièrement détruites. L'innovation technologique, comprise ici en tant que rupture dans le système traditionnel de production et à la base de l'émergence des microtechniques combinatoires, a dû trouver dans l'ancien système les éléments de continuité permettant son intégration sans tout devoir bouleverser. Apparaît ici la nécessité pour les technologies nouvelles de se rattacher à des éléments de stabilité qui, au-delà d'évolutions structurelles, permettent le maintien de l'organisation et du fonctionnement du système productif (MAILLAT et VASSEROT, 1986). Ces éléments de stabilité sont inhérents au milieu de l'Arc jurassien qui se caractérise par un ensemble d'externalités de proximité des acteurs provenant d'une culture industrielle commune, de l'esprit d'entreprise, des savoir-faire en miniaturisation ainsi que de l'interaction et de la mobilité des personnes sur le marché du travail.

Certes, l'évolution historique évoquée dans ce chapitre trahit une approche, sinon superficielle, du moins événementielle des facteurs à l'origine de nouvelles activités microtechniques dans l'Arc jurassien[10]. Elle montre cependant que l'histoire, l'organisation industrielle et, plus particulièrement, les comportements collectifs ont joué un rôle important dans les processus d'innovation et d'adaptation du tissu industriel aux changements technologiques et économiques. Fruit de

10 Pour une analyse plus détaillée de l'évolution structurelle de l'Arc jurassien, lire l'"Analyse comparative de l'évolution structurelle des milieux: le cas de l'industrie horlogère dans l'Arc jurassien suisse et français" (MAILLAT et al., 1993d).

collaborations directes entre acteurs (institutions publiques, entreprises, associations professionnelles, etc.), les restructurations réalisées relèvent directement d'une véritable dynamique locale, dans la mesure où elles résultent d'une prise de conscience et d'actions collectives au niveau territorial.

Ce bref aperçu historique a, par ailleurs, mis en évidence le caractère de filiation que présente l'innovation avec le tissu industriel traditionnel horloger. Filiation entre, d'une part, le système productif traditionnel et, d'autre part, le nouveau système de production qui se profile. C'est ce nouveau système de production[11], lié aux microtechniques combinatoires, qui va être présenté et étudié dans les chapitres suivants.

11 La notion de système de production émane de l'Economie Industrielle. Utilisée par de nombreux auteurs (ARENA et al., 1988) sous des formes et appellations diverses, cette notion peut être définie comme un ensemble caractérisé par la proximité d'unités productives au sens large du terme (entreprises industrielles, de services, centres de recherche et de formation, interfaces, etc.) qui entretiennent entre elles des rapports d'intensité plus ou moins forte (GILLY, 1990). L'intensité des liens entretenus entre les différentes unités productives dépend, avant tout, de l'organisation et du fonctionnement du système de production. Les rapports qu'entretiennent les unités entre elles sont divers et se présentent sous plusieurs formes: formels, informels, matériels, immatériels et marchands, non merchands. Ces rapports peuvent porter sur des flux de biens matériels, de services financiers, de main-d'oeuvre, de technologie ou encore de connaissances.

Chapitre 2

Le choix d'un concept

La genése et l'essor des microtechniques dans l'Arc jurassien révèlent l'existence d'une cohérence technique, ainsi qu'une certaine intégration entre des centres de recherche et de formation, des firmes et des services spécialisés (marketing, conseils juridiques et techniques, etc.). Cet état de fait suggére la constitution d'un district technologique orienté vers les microtechniques dans l'Arc jurassien (MAILLAT et al., 1993e). Pour l'heure, cette suggestion est toutefois prématurée. C'est pourquoi, avant même de poser l'Arc jurassien comme un district technologique (Chapitre 3), on va dans un premier temps étudier ce dernier en présentant ses principaux traits de caractéres.

A quoi renvoie la notion de district technologique? Dans quel contexte techno-économique prend-il naissance? Quelles en sont les principales caractéristiques? Telles sont les questions qui vont faire l'objet d'un commentaire dans ce chapitre. Une rapide synthése de la littérature en science régionale permet de préciser le courant de pensée dans lequel se situe le concept de district technologique. On montre en l'occurrence que l'observation de l'organisation spatiale de la production a ouvert, ces quinze dernières années, des perspectives de réflexion sur de nouvelles formes d'organisation industrielle qui se développent au niveau local. Parmi les nombreux concepts analytiques développés, on indique en particulier en quoi la notion de district technologique, bien qu'elle ne puisse être assimilée à un modéle de développement, constitue cependant un cadre d'analyse intéressant permettant d'appréhender l'émergence, la structure et l'organisation d'une nouvelle génération de

systèmes productifs localisés liés aux nouvelles technologies.

1 De nouvelles formes d'organisation industrielle

L'organisation spatiale de la production issue du modèle fordiste a été largement modelée par les grandes entreprises dominant les secteurs liés à la production de masse. De nos jours toutefois, avec la crise et les transformations techno-économiques (apparition de nouvelles technologies et mondialisation des échanges), le dynamisme du modèle fordiste semble s'affaiblir (PIORE et SABEL, 1983, 1984; SCOTT et STORPER, 1990). Après une phase de concentration et de verticalisation de la production, on assiste à des processus de décentralisation interne au sein de certaines grandes firmes ainsi qu'à la mise en place de nouvelles relations entre grands groupes et PME (COLLETIS et al., 1990). On voit ainsi surgir, au coeur même des nations industrialisées, de nouvelles localisations, de nouvelles structures productives et de nouvelles formes d'organisation industrielle qui fondent leur développement sur une dynamique locale.

Bien que la science économique ne soit pas en mesure de proposer une définition universelle de la structure idéale de développement local qui soit transposable comme modèle, on voit cependant émerger, depuis quelques années, de véritables systèmes de production qui se développent au niveau local[1] (BECATTINI, 1979; PERRIN, 1983;

[1] Ces systèmes de production locaux peuvent se définir comme une configuration d'entreprises regroupées dans un espace de proximité autour d'un métier voire, plusieurs métiers industriels. Les entreprises entretiennent des relations entre elles et avec le milieu socio-culturel

PIORE et SABEL, 1984). De tels systémes, très différents les uns des autres, ont en commun une structure et une organisation qui valorise les stratégies d'acteurs (entreprises, centres de recherche et de formation, institutions publiques, etc.) et la solidarité spatiale de ces acteurs au travers de la constitution de réseaux de production et d'innovation (PECQUEUR, 1989). L'étude de ces systémes a ouvert, au cours des quinze dernières années, des perspectives de réflexion sur de nouvelles formes d'industrialisation[2].

1.1 Divers concepts, diverses situations

La littérature économique récente fournit de nombreuses représentations conceptuelles destinées à la description analytique de ces

d'insertion. Les relations ne sont pas seulement marchandes, elles sont aussi informelles et produisent des externalités positives pour l'ensemble des entreprises (COLLETIS et al., 1990).

2 Bien que tout le monde s'accorde á dire que le rôle joué dans la dynamique économique contemporaine par les systèmes productifs locaux n'est ni négligeable ni sans intérêts, une vive polémique oppose actuellement défenseurs et détracteurs d'un nouveau paradigme économique post-fordiste. D'un côté, l'observation de l'émergence de nouveaux espaces industriels, notamment dans des régions comme la Troisiéme Italie, la Silicon Valley ou le Bade-Wurtemberg, a conduit certains auteurs à l'élaboration d'un nouveau paradigme de développement économique et social. Pour certains d'entre eux, les nouvelles formes d'organisation industrielle seraient au coeur d'une transformation fondamentale, quasi inéluctable et bénéfique, de l'économie contemporaine (PIORE et SABEL, 1983, 1984; SABEL, 1989; SCOTT et STORPER,1990; STORPER, 1991). De l'autre côté, les déclarations, parfois euphoriques, en faveur de ces nouveaux espaces ont suscité des réactions virulentes de la part d'auteurs critiques face á la "nouvelle orthodoxie" qui semble se mettre en place en faveur de la régénérescence des économies locales (MARTINELLI et SCHOENBERGER, 1992). Voir à ce sujet la critique corrosive d'Amin et Robins (1992, p. 123) sur "les nouveaux faiseurs de mythes, avec leur vision optimiste et apologétique d'une production décentralisée, de petites entreprises high-tech «á la campagne»...".

nouvelles formes d'organisation industrielle qui se développent au niveau local.

Ces représentations, utilisées et développées ces dernières années par de nombreux auteurs en science régionale, prennent des formes et des appellations diverses en fonction des processus et des régions étudiés. Ainsi trouve-t-on les notions de "systéme territorial de production" (BRUN, 1985; GILLY, 1987; PERRIN, 1983, 1993; SCOTT, 1986; CREVOISIER et MAILLAT, 1989, COURLET, 1989), "d'aire-systéme" (GAROFOLI, 1983) de "tissu industriel local" (THOMAS, 1987) ou de "systéme industriel localisé" (RAVEYRE et SAGLIO, 1984; COLLETIS et al., 1990). D'autres auteurs font appels à des concepts similaires tels que le "district industriel" (BECATTINI, 1979, 1987, 1990; BELLANDI, 1982, 1989), l'"écosystéme localisé" (PLANQUE, 1983; PECQUEUR, 1987), le "méso-système productif" (GILLY, 1990), le "systéme localisé de production et d'innovation" (LONGHI et QUERE, 1991) ou encore le "district technologique" (ANTONELLI, 1986; STORPER, 1991; COLLETIS, 1993, MAILLAT et al. 1993e).

Nonobstant l'érudition suspecte qu'elle pourrait sous-tendre, l'énumération (qui est loin d'être exhaustive) de ces divers concepts est intéressante à plus d'un titre.

Tout d'abord, elle révéle l'engouement certain de la science économique pour l'analyse des nouvelles formes d'industrialisation locale. L'intérêt porté à ces formes d'organisation industrielle n'est pourtant pas récent. Marshall (1919), dans son ouvrage "Industry and Trade", observe, au début de ce siécle déjà, des concentrations industrielles en Europe (Lyon pour la soie, Roubaix pour la laine, Sheffield et Birmingham en Anglettere et Sollingen en Allemagne pour l'acier et la coutellerie) et leurs donne le nom de "districts industriels". L'étude de

ces districts amènera Marshall à mettre en évidence les économies externes procurées par la concentration de nombreuses entreprises en un même lieu. L'auteur montrera, ainsi, que l'ensemble des zones concernées bénéficient d'avantages en termes de coûts de production du seul fait de la concentration spatiale des activités qui s'y exercent et qui favorise l'innovation par une meilleure circulation de l'information[3].

L'énumération de ces divers concepts illustre, ensuite, la difficulté rencontrée à cerner en un seul et unique concept la grande diversité de situations observables. Selon Pecqueur (1989, p. 92), "les racines culturelles des zones que l'on peut observer constituent une variable fondamentale conditionnant la réussite du développement local". L'extrême variété des histoires et des structures socio-économiques spécifiques à chaque lieu explique la complexité et la diversité des systèmes locaux existants[4]. On ne peut ainsi analyser sur un pied d'égalité des formes d'industrialisation locales aussi différentes entre elles que, par exemple, les *jibat sangyo* du Japon (ITAKURA, 1988), les systèmes industriels localisés de France ou d'Allemagne (COLLETIS et al., 1990), les districts de la Troisième Italie (BAGNASCO, 1977; BECATTINI, 1979; GAROFOLI, 1983; BELLANDI, 1982, 1989), les concentrations d'activités dans les aires métropolitaines (ANTONELLI, 1986; SCOTT, 1988; DECOSTER et al., 1993), la Silicon Valley (SAXENIAN, 1990; STORPER, 1991; GORDON,

---

3 La description analytique de ces districts du début du siècle reste d'une étonnante actualité face aux processus contemporains de développement local. Pour plus de détails, lire le Chapitre X du Livre 4 des "Principes d'Economie Politique" (MARSHALL, 8ème édition, 1920).

4 Selon Colletis et al. (1990), les différences constatées renvoient aux histoires contrastées de l'industrialisation selon les pays ainsi qu'aux types de systèmes politico-économiques nationaux et aux politiques publiques qui en découlent.

1993), ou encore l'Arc jurassien (MAILLAT et al., 1993e).

L'énumération de ces divers concepts invite, enfin et, pourrait-on dire, par conséquent, à choisir le concept qui, du fait de ses caractéristiques intrinséques, est le mieux adapté à chaque cas de figure étudié, étant donné qu'il n'est pas possible d'analyser en une seule catégorie des processus et des régions trés divers. De là à dire qu'il existe autant de concepts que de cas de figures, il n'y a qu'un pas. Pourtant, il faut bien reconnaître que l'ensemble des situations rencontrées repose sur un certain nombre de caractéristiques générales communes.

1.2 Quelques caractéristiques communes

Si aucune des approches mentionnées ne fait véritablement l'unanimité, on peut cependant relever certains traits de caractéres communs à l'ensemble de ces concepts. Selon Pecqueur (1989), les caractéristiques suivantes se retrouvent, avec des intensités différentes en fonction des contextes, dans l'ensemble des représentations citées précédemment.

En premier lieu, l'ensemble de ces concepts fait référence à des systémes de production locaux qui procédent d'une spécialisation de la production centrée, sinon sur un produit, du moins sur un domaine d'activité central pour la zone concernée (mécanique, décolletage, habillement, chaussure, aérospatiale, micro-électronique, etc.). Par ailleurs, des activités connexes, en particulier les services aux entreprises, la recherche et la formation, viennent souvent se greffer autour de l'activité

principale de la zone, renforçant ainsi l'efficacité de ces systèmes[5].

En deuxième lieu, les produits et les techniques utilisées reposent sur des savoir-faire historiquement constitués et accumulés sur le site. Cela ne signifie pas pour autant que ces systèmes opèrent exclusivement dans des secteurs traditionnels (petite mécanique, textile, habillement, chaussure, etc.). L'observation montre, en effet, que de nombreux systèmes locaux fondent leur développement sur une spécialisation de la production dans le domaines des hautes technologies (biotechnologies; aérospatiale, micro-électronique, microtechniques, etc.).

En troisième lieu, les secteurs représentés, les techniques utilisées et les types de produits fabriqués sont souvent compatibles avec la petite dimension des unités de production. Il existe ainsi, au niveau local, une multitude de PME, souvent spécialisées, mais pas d'entreprises véritablement dominantes. La dynamique productive n'est donc, en principe, pas induite par un phénomène de polarisation autour d'une grande entreprise. En règle générale, aucune entreprise multinationale n'exerce un rôle structurant sur le système[6]. Bien

---

5 On retrouve, ici, les fameuses "industries auxiliaires" décrites par Marshall (1919) qui naissent dans le voisinage d'une industrie principale et qui lui fournissent des services de toute sorte.

6 Il faut rester cependant prudent quant à une telle affirmation. Saxenian (1990) a notamment montré, au travers d'une analyse détaillée des réseaux locaux de production et d'innovation, le rôle structurant joué par des multinationales telles que Hewlett Packard et Apple Computer dans la dynamique productive de la Silicon Valley. D'autres études font état d'observations similaires (GORDON, 1993). Au Bade-Wurtemberg, Colletis et al. (1990) montrent le rôle structurant de BOSCH dont la stratégie consiste à diversifier ses approvisionnements dans le but, d'une part, de ne pas établir des liens de dépendance trop étroits avec ses partenaires (un partenaire ne réalise pas plus de 20% de sa production avec BOSCH) et, d'autre part, de bénéficier des innovations

que la littérature fasse souvent référence à des systémes de PME, force est de constater qu'il existe également des relations de proximité (autres que les rapports de sous-traitance traditionnelle) entre grandes entreprises, entre grands groupes et PME. En Allemagne, comme aux Etats-Unis par exemple, les relations de partenariat entre grandes entreprises et PME jouent un rôle important dans la dynamique locale[7].

En quatriéme lieu, on observe des liens étroits et complexes d'interdépendance entre les firmes locales débouchant sur la constitution de réseaux de production et d'innovation. Conséquence de la spécialisation des entreprises, une division du travail souvent poussée s'effectue au sein de la filiére de production et des relations de collaborations et d'échanges mutuels tant formels et marchands qu'informels et non marchands s'instaurent, facilitant ainsi la circulation de l'information. Les systémes de production ainsi construits permettent aux firmes de tirer tous les avantages et toutes les économies du phénoméne d'agglomération[8] au niveau spatial. Par conséquent,

venant des partenaires. Dans l'Arc jurassien, le rôle de la SMH a également été mis en évidence dans la relance de l'industrie horlogère à partir des années quatre-vingts (MAILLAT et al., 1993d).

7 Voir la monographie consacrée à l'Allemagne rédigée par Colletis (COLLETIS et al., 1990) et l'analyse comparative proposée par Sabel entre les régions du Massachusetts et du Bade-Wurtemberg (SABEL et al., 1987).

8 Les économies d'agglomération découlent des rapports intenses entre les entreprises du tissu économique local. Ces rapports amplifient la division du travail en favorisant une spécialisation productive et en facilitant l'intégration de nouvelles technologies qui débouchent sur une meilleure efficacité du système local (baisse des coûts de production, augmentation de la production, élargissement des débouchés, etc.). Les économies d'agglomération proviennent également d'un marché du travail local organisé avec souvent une forte mobilité des compétences et des savoir-faire entre les entreprises et un type de relation de travail fondé sur la connaissance mutuelle (COLLETIS et al., 1990).

ces formes d'organisation industrielle, coordonnées et souvent bien articulées, ne se distinguent pas d'autres lieux de production seulement par le fait de réunir autour d'une branche de nombreuses PME, mais surtout par des dynamiques de réseaux qui provoquent des effets de synergie entre les acteurs. La mise en place de collaborations permet ainsi aux différents partenaires de profiter des effets d'apprentissage acquis dans leur relation.

Enfin, en cinquiéme lieu, le volume de production de ces systémes est suffisamment important pour couvrir une part appréciable de la production et des exportations nationales. Le poids à l'exportation constitue, ici, une caractéristique importante car il illustre l'ouverture de ces systémes vers l'extérieur et leur implication dans la concurrence et le commerce internationaux.

Organisé selon des formes trés spécifiques, l'ensemble de ces systémes productifs locaux, dont on vient d'énumérer succinctement les principales caractéristiques communes, est profondément marqué par les contextes historiques et socio-économiques de leur apparition. En définitive, "l'élément central commun à ces différents espaces est l'élaboration d'une culture économique largement mûrie, créatrice d'une ambiance ou d'une atmosphére dans laquelle les industriels dépassent les seules relations de marché et entretiennent des relations privilégiées de réciprocité[9]" (PECQUEUR, 1989, p. 89). On assiste

9 L'explication intuitive de Marshall (1919, p. 159-160) concernant l'"atmosphére industrielle" régnant dans les districts mérite, ici, d'être mentionnée: "Lorsqu'une industrie a ainsi choisi une localité, il est vraisemblable qu'elle y est installée pour longtemps, tant sont grands les evanteges que procure é des personnes exerçant la méme activité spécialisée le fait d'être à proximité immédiate les uns des autres. Les secrets de l'industrie cessent d'être des secrets; ils sont pour ainsi dire dans l'air et les enfants apprennent inconsciemment beaucoup d'entre eux. Le travail bien fait est immédiatement reconnu et l'on discute

ainsi à la mise en place d'un mécanisme de régulation territoriale fondé sur le jeu combiné du marché et de la réciprocité. Les relations entre les entreprises sont régulées, en effet, par le marché, mais la connaissance réciproque et l'appartenance à un même métier permettent un climat de confiance, un transfert rapide de connaissances et d'informations facilitant, à leur tour, le fonctionnement du marché (BAGNASCO, 1988).

1.3 Un choix nécessaire

On l'aura compris, ces caractéristiques, trés générales, communes à l'ensemble des concepts énumérés, ne constituent pas une théorie générale des espaces industriels appelés post-fordistes dans la littérature. Selon Amin et Robins (1992), une telle théorie tendrait en effet à être tellement vague et générale qu'elle serait susceptible de s'appliquer à n'importe quel exemple complexe de production localisée et tendrait à ignorer les spécificités historiques et socio-économiques des diverses formes d'organisation industrielle que l'on peut rencontrer. Pour cette raison, il faut se donner une finalité moins ambitieuse et concevoir l'existence de plusieurs types de complexes de production nouveaux trés différents les uns des autres, et dont les conditions socio-économiques nécessaires à leur apparition ne peuvent se reproduire partout. Il faut donc adopter une approche plus prudente qui ne réduise pas différentes réalités à une seule et qui ne débouche pas sur des généralisations grossiéres.

---

eussitôt les mérites des inventions et des emeliorations epportées eux machines, eux procédés et é l'organisation générale de l'industrie: si quelqu'un trouve une idée nouvelle, elle est eussitôt reprise par d'autres et combinée evec des suggestions de leur propre crû; elle devient ainsi *la source d'idées nouvelles*".

En d'autres termes, il s'agit de choisir le concept pertinent au cas de figure étudié parmi l'ensemble des représentations développées dans la littérature. En effet, la présentation détaillée de l'ensemble de ces concepts, et des apports qu'ils fournissent à la compréhension des diverses formes d'organisation industrielle qui se développent au niveau local, relève de l'étude systématique des caractéristiques et des particularités de chacun d'entre eux et sort, par conséquent, du champ des préoccupations de cet ouvrage. Aussi doit-on laisser de côté ce vaste domaine d'investigation, pour s'intéresser plus particuliérement à l'un d'entre aux, le district technologique, qui, du fait de ses spécificités, constitue un cadre d'analyse applicable au cas des microtechniques de l'Arc jurassien[10].

Le district technologique, en tant que concept analytique, est né de l'observation des caractéristiques de systémes industriels locaux particuliers, fondés sur des "processus d'incubation et de valorisation de l'innovation" (PECQUEUR, 1989). Certains auteurs (ANTONELLI, 1986; STORPER, 1991; COLLETIS, 1993; LONGHI et QUERE, 1993) ont ainsi été amenés à faire l'hypothèse de l'apparition d'une deuxiéme génération de systèmes sur le modèle des districts industriels chers à Marshall (1919) et à Becattini (1979, 1987). Leur naissance est intervenue dans un contexte différent de celui de l'industrialisation diffuse ou spontanée (HOUSSEL, 1984, COLLETIS et al., 1990) à la base de la constitution de la plupart des systémes de production locaux. Leur développement repose sur un "saut technologique", c'est-à-dire l'adoption de technologies qui tranchent d'emblée avec les savoir-faire qui pouvaient éventuellement exister localement. Leur cohérence

10 La pertinence de l'application du concept de district technologique au cas des microtechniques de l'Arc jurassien sera traitée dans le Chapitre 3.

est orientée vers un ensemble de techniques et de technologies combinatoires. Il en découle donc des caractéristiques différentes des autres formes d'industries locales dont la cohérence est centrée, non pas sur des technologies, mais sur la production d'un type ou d'une famille de produits.

La nature et l'origine exacte des districts technologiques est encore mal comprise. Or leur intérêt est tel, en soi tout autant que pour les illustrations qu'il offre des principes généraux étudiés dans ce chapitre et dans les suivants, qu'il convient de s'y arrêter quelques instants.

Il semble que la paternité de la notion de district technologique revienne à Antonelli (1986). Ce dernier, partant du concept marshallien de district industriel, considère que les activités innovantes tendent à se concentrer dans les districts technologiques, c'est-à-dire des districts industriels où les économies externes conduisent particuliérement à un accroissement du rythme du changement technologique. Cette perspective est toutefois inadmissible, car elle reviendrait en définitive à poser l'équation simpliste suivante: district technologique = district industriel + innovation. Une telle formulation consisterait à dire que l'innovation est absente des formes d'organisation correspondant aux districts industriels, ce qui, de toute évidence, est faux (COLLETIS, 1993).

Longhi et Quéré (1993), considérent que la caractérisation des districts (industriels et technologiques) ne se raméne pas à un probléme exclusif de diffusion efficace de l'innovation comme le laisse entendre Antonelli (1986). Pour leur part, Longhi et Quéré (1993) différencient (de maniére catégorique) les districts industriels et technologiques en fonction du critére de l'appropriation de l'innovation. Pour ces auteurs, si

les districts, au sens large, se caractérisent par une forme d'organisation centrée sur la constitution de réseaux d'innovation, les districts industriels reposent sur un partage collectif des risques et une appropriation, elle aussi, collective de l'innovation technologique parmi les acteurs du systéme, alors que les districts technologiques se différencient par la prédominance du rôle des grandes entreprises dans les systémes de production locaux et par une réappropriation de l'innovation qui s'effectue le plus souvent à l'avantage des grandes firmes de ces systèmes. Autrement dit, les districts, dans leur ensemble, s'accommodent de l'existence de réseaux d'innovation mais l'utilisation des acquis de ces derniers se traduit, dans le cas des districts technologiques, par un avantage technologique au profit des grandes firmes, ce qui justifie l'appellation de district technologique (LONGHI et QUERE, 1993).

Cette distinction entre district industriel et technologique est toutefois trop limitative. Dans la réalité, rares sont les situations où l'on observe une "hiérarchisation" territoriale au bénéfice uniquement des grandes entreprises ou des PME. On assiste généralement à des logiques d'organisation mixtes caractérisées, au sein d'un même district, par des réseaux où prédominent tantôt de grandes entreprises, tantôt des PME. Pour ces raisons, la notion de district technologique présentée dans ce chapitre et dans les suivants repose principalement sur les travaux (moins restrictifs et moins catégoriques que ceux cités) de Storper (1991) et de Colletis (1992).

2 La notion de district technologique

La notion de district technologique renvoie aux attributs organisationnels de systémes de production qui se sont développés à partir de la

crise des années septante et dont les activités, spatialement localisées, fondent leur développement sur les nouvelles technologies et sur une innovation continue.

Storper (1991) insére le district technologique dans le contexte macro-économique et technologique qui semble s'imposer de nos jours, à savoir une convergence technologique des grands pays industrialisés (AMENDOLA et GAFFARD, 1988), de même qu'une spécialisation à l'échange de ces derniers (LAFAY et HERZOG, 1989). La prise en compte de ces tendances techno-économiques globales permet de mieux comprendre l'émergence des districts technologiques et d'en dégager un certain nombre de caractéristiques. Dans un premier temps, il s'agit de revenir brièvement sur les notions de convergence technologique et de spécialisation à l'échange, pour examiner ensuite les conséquences de ces phénomènes au niveau des districts technologiques.

2.1 Convergence technologique et spécialisation à l'échange

La convergence technologique entre pays industrialisés est, selon Amendola et al. (1991), liée au fait que les nouveaux produits et procédés sont tout d'abord massivement réalisés et distribués par les leaders du marché international, puis rapidement imités par l'ensemble des producteurs. Le temps de diffusion des nouvelles technologies se réduit progressivement et, dans un bref délai, la plupart des pays industrialisés se retrouvent sur un pied d'égalité. Or, cette convergence technologique implique une certaine convergence des coûts de production. Elle incite les compétiteurs à rechercher d'autres avantages comparatifs que le coût des facteurs ou les économies d'échelle, parce que ces

derniers résistent de moins en moins longtemps au rattrapage des concurrents attardés (PORTER, 1990). Dans ces conditions, les compétiteurs cherchent souvent à s'affirmer par le biais d'une différenciation marquée dans les gammes de produits et optent pour des créneaux de marché relativement étroits, ce qui débouche inévitablement sur une spécialisation à l'échange des principales nations industrialisées[11]. Or, cette spécialisation mène au coeur de la question des districts technologiques. En effet, celle-ci dirige les pays vers des trajectoires technologiques spécialisées, où la seule manière de s'imposer dans la concurrence internationale consiste à innover en permanence, grâce à une capacité d'apprentissage reproductible et adaptable au cours du temps.

L'explication permettant de comprendre la persistance d'une spécialisation à l'échange (et des avantages comparatifs qui lui sont liés) de systèmes productifs capables sans cesse d'innover en évitant de se faire imiter, trouve son fondement dans l'"avantage technologique" de tels systèmes, c'est-à-dire les produits, les procédés, le capital et les connaissances appliquées aux activités productives. Un tel avantage existe lorsque les acteurs du système de production possèdent des produits et des procédés, avec les savoir-faire qui leurs sont liés, qui permettent de produire "mieux qu'ailleurs" (STORPER, 1991). En alliant spécialisation et innovation, les différents concurrents cherchent donc à imposer une sorte de *World best practice* singulière et peu accessible, donc assimilable à un avantage compétitif durable sur les marchés internationaux.

11 La spécialisation dans le commerce international des grands pays industrialisés n'est pas évidente lorsque l'on considère les grands agrégats industriels (chimie, alimentaire, machines, textile...), mais devient manifeste à un niveau désagrégé permettant une comparaison entre groupes de produits (GERSTENBERGER, 1990).

Cet état de fait laisse augurer que s'il existe une standardisation technologique au niveau mondial, il existe également des formes locales d'avantages technologiques qui se concrétisent par une capacité à innover sans cesse au travers d'un déploiement dynamique de facteurs techniques et humains.

2.2 Concentration spatiale des activités

Toujours dans un contexte de spécialisation commerciale entre nations, Storper (1991) remarque qu'une part croissante des flux commerciaux est le fait de systèmes productifs locaux plutôt que nationaux. Les industries responsables d'une spécialisation à l'échange de pays industrialisés tels que les Etats-Unis, le Japon, l'Allemagne, l'Italie ou la France ne sont, en effet, pas distribuées de manière homogène sur l'ensemble des territoires nationaux. Certaines parties ou segments de ces industries, à l'origine des performances commerciales de ces nations dans l'industrie considérée, sont localisés spatialement, tant au niveau des emplois que des firmes.

Les études de cas existantes suggèrent que la géographie de ces systèmes de production locaux, qui constituent la spécialisation industrielle nationale, coïncide avec l'impression populaire des régions dynamiques de ces pays. Aux Etats-Unis, l'industrie high-tech centrée sur la micro-électronique (semiconducteurs et ordinateurs) est fortement concentrée dans la Silicon Valley au nord de la Californie et Orange County-San Diego au sud, la région de Boston, Dallas-Forth Worth et Floride. L'aérospatiale est essentiellement localisée dans les régions de Los Angeles, Texas, New-York, Connecticut, Massachusetts et Washington (STORPER, 1991). En Italie, les activités de design, de l'habillement, de la chaussure et de la

mécanique sont principalement concentrées dans la Troisième Italie (SFORZI, 1990). En France, les domaines de spécialisation nationale dans l'aérospatiale et la défense sont localisés dans l'Ile-de-France (Paris), dans le Midi-Pyrénées (Toulouse) et la Loire (Nantes), tandis que les télécommunications et les composants électroniques se trouvent en Ile-de-France et Rhône-Alpes. Les secteurs de la chaussure et du design sont concentrés dans la région Rhône-Alpes (Roanne, Romans, les Monts du Lyonnais), l'habillement en Ile-de-France et en Vendée (Cholet), la mécanique de précision et la machine-outil en Haute Savoie (Vallée de l'Arve) et dans le Jura (Franche-Comté). L'ensemble de ces régions représente une part substantielle des spécialisations nationales dans le commerce international.

L'aspect territorial ressurgit ici, dans la mesure où de tels systèmes productifs concentrent bien souvent les ressources nécessaires à leur évolution (capital, travail, recherche, formation, information,...) dans des zones géographiques bien délimitées. Or, cette dimension territoriale induit une proximité géographique et culturelle (formations technologiques et savoir-faire communs, systèmes de valeurs apparentés, capital relationnel, etc.) qui favorise grandement l'émergence de réseaux de production et d'innovation (MAILLAT et al., 1993b).

2.3 Organisation en réseaux

Comme l'ont montré de récents travaux théoriques (FORAY, 1991; AMENDOLA et GAFFARD, 1988), la forme organisationnelle optimale pour un système de production orienté vers les nouvelles technologies et dynamique d'un point de vue technologique consiste en la mise en place de

réseaux de production et d'innovation[12]. Cette forme d'organisation implique un degré significatif de désintégration verticale et horizontale du systéme de production qui se manifeste soit par des collaborations interfirmes (firmes indépendantes) soit intrafirmes (entre unités productives au sein d'une même firme (COOKE et MORGAN, 1991). On observe ainsi une corrélation positive entre l'existence de réseaux d'une part et la concentration spatiale d'activités d'autre part[13]. Les facteurs clés des industries à haute technologie (capital physique, ressources humaines, ressources d'informations) sont pour ainsi dire toujours concentrés au niveau régional, tant en France, en Italie qu'aux Etats-Unis.

De tels réseaux sont nécessaires à la survie des districts technologiques, parce qu'ils augmentent la flexibilité technologique et organisationnelle[14]

12 La notion de réseau de production et d'innovation sera reprise dans les chapitres suivants. On se contentera donc, ici, de donner une définition provisoire du réseau en tant qu'ensemble d'unités de production au sens large du terme (entreprises, institutions de recherche et de formation, etc.) liées par des relations relativement durables impliquant des degrés de collaboration ou, au moins, des relations symétriques de pouvoir (LUNDWALL, 1990; POWELL, 1990; STORPER et HARRISON, 1991).

13 L'existence de réseaux de production et d'innovation n'est pas propre aux systémes de production orientés vers les technologies de pointe. Ils peuvent également exister lorsque, simplement, l'incertitude liée aux marchés encourage la désintégration verticale et le partage des risques entre divers partenaires.

14 Par flexibilité technologique, il faut entendre une capacité à éviter le verrouillage (lock-in) des firmes dans une technologie donnée. Ces dernières peuvent rester paralysées par des investissements lourds, *incomplétement rentabilisés et refuser un changement crucial*. La flexibilité technologique s'accompagne fréquemment d'une flexibilité organisationnelle liée à l'évolution des compétences et à leur redistribution dans le système productif. Cette double flexibilité constitue l'enjeu principal de la production industrielle moderne et semble d'autant plus probable lorsqu'un système productif se trouve verticalement désintégré et organisé en réseaux (MAILLAT et al., 1993a).

qu'exigent de plus en plus les enchaînements de fonctions conduisant à l'innovation (PLANQUE, 1988; KLINE ET ROSENBERG, 1986). Un district technologique peut donc imposer une *World best practice*, parce qu'il dispose d'une organisation de production favorisant la combinaison d'informations et de compétences spécialisées et souvent fragmentées. Dès lors, on comprend mieux pourquoi l'économie internationale se reconstitue sous la forme d'une mosaïque de districts technologiques tendant à se substituer aux nations elles-mêmes dans la compétition commerciale mondiale (STORPER, 1991).

A la lumière des grandes tendances de l'économie internationale apparaissent donc les grands traits de caractères des districts technologiques. Il s'agit de zones de spécialisations industrielles nationales, orientées vers des technologies nouvelles rendues instables par l'évolution constante de la recherche scientifique et des marchés. Cette instabilité est encore accrue par la diversité des technologies engagées qu'il s'agit de combiner pour réaliser des produits toujours plus complexes. Par le biais d'une organisation productive de type réticulaire, ces zones disposent d'une capacité d'innovation leur permettant d'assumer une telle instabilité, les distinguant des autres formes de systémes productifs (STORPER, 1991). De fait, en tablant sur une maîtrise dynamique du changement technologique, elles parviennent à s'approprier une quasi-rente de marché qui explique non seulement leur caractère fortement exportateur, mais aussi leur fort potentiel d'expansion commerciale à long terme et les taux élevés d'accumulation de capital qu'elles présentent. De plus, l'évolution des districts technologiques conditionne fortement celle des industries auxquelles ils fournissent des composants/systémes, ce qui renforce encore leur rôle moteur au sein de l'économie nationale et internationale.

La notion de district technologique étant précisée d'un point de vue théorique et dans ses aspects généraux, on peut désormais voir dans quelle mesure cette forme d'organisation industrielle correspond à celle prévalant dans les microtechniques de l'Arc jurassien. En appliquant le concept de district technologique à l'Arc jurassien, on dispose ainsi d'un instrument analytique original permettant, d'une part, de décrire la structure et l'organisation du système de production des microtechniques et, d'autre part, de souligner les enjeux d'une organisation productive en réseaux.

Chapitre 3

L'Arc jurassien: un district technologique

La compréhension des phénoménes d'innovation dans un secteur industriel donné suppose, au préalable, une représentation de sa structure (type d'entreprise, localisation, taille, etc.) et de son organisation (modes de coordination des activités[1]). Dans cette perspective, le concept de district technologique constitue un instrument d'analyse, une clé de lecture permettant d'ordonner de manière cohérente les principales spécificités (concentration des activités, aspect combinatoire des produits microtechniques, complexification de la filiére de fabrication, spécialisation et complémentarité des compétences) de l'industrie des microtechniques dans l'Arc jurassien. Ses spécificités sont déterminantes pour l'analyse du processus d'innovation. A partir des caractéristiques de la structure de production dans l'industrie des microtechniques de l'Arc jurassien, l'analyse en terme de district technologique permet ainsi en particulier de montrer en quoi la constitution de réseaux constitue une réponse organisationnelle appropriée face à la nécessité d'innover. Dés lors, il s'agit de reprendre point par point les éléments de définition du district technologique présenté dans le Chapitre 2 et de les appliquer à l'industrie des microtechniques de l'Arc jurassien. Pour ce faire, ce chapitre est articulé en deux étapes complémentaires. La premiére, se propose tout

[1] Comme le montrent les travaux issus de l'Economie des Organisations développés par Coase,1937, puis repris, notamment, par Williamson, 1975, la coordination des activités industrielles peut être réalisée de trois manières: le marché, la hiérarchie et la coopération. Le recours, par une entreprise, à l'un ou l'autre de ces modes de coordination n'est pas sans influence sur la manière dont elle conçoit le processus d'innovation.

d'abord de démontrer dans quelle mesure l'Arc jurassien constitue une zone de spécialisation industrielle dans un domaine d'activités économiquement important aux niveaux régional, national et international. La seconde étape entend, quant à elle, justifier les raisons et les enjeux d'une organisation productive en réseaux dans l'Arc jurassien.

1 Une zone de spécialisation industrielle nationale

La première caractéristique des districts technologiques concerne le double aspect de l'importance économique sur la scène nationale et internationale des activités prises en considération et de la concentration spatiale de ces dernières dans la zone étudiée. A cet égard, les lignes qui suivent présentent l'enjeu économique que constitue l'industrie des microtechniques, tant au niveau international, national que régional. Pour ce faire, l'analyse proposée entend déterminer le poids des microtechniques dans le commerce international ainsi qu'identifier les principaux concurrents opérant sur le marché mondial. Cette démarche permet une première évaluation de l'importance des activités microtechniques par rapport à l'ensemble des transactions commerciales internationales. Par la suite, on montrera dans quelle mesure le volume de production des microtechniques suisses est suffisamment important pour couvrir une part appréciable de la production et des exportations nationales, mettant ainsi en évidence la spécialisation industrielle de la Suisse en ce domaine. Enfin, au travers notamment des quotients de localisation, on montrera la spécialisation de l'Arc jurassien dans les activités microtechniques.

1.1 Importance économique des microtechniques

Les activités microtechniques jouent, à l'échelle internationale, un rôle économique dont l'importance ne cesse de croître (**Tableau 1**). Leur part dans le commerce international[2] en atteste, puisqu'elle est passée de 5.1% des échanges de biens manufacturés en 1980 à 8.5% en 1989 (NEMETI et PFISTER, 1994; ONU 1981, 1990).

Tableau 1: part des microtechniques dans le commerce international

Année	C.I.mt	C.I.	C.I.mt/C.I.	Cr(p)
1980	102.2	2019.4	5.1 %	
				8.6 %
1985	151.1	1966.9	7.7 %	
				2.0 %
1989	260.1	3076.4	8.5 %	

Source: NEMETI et PFISTER, 1994

C.I.mt	:	commerce international des microtechniques (en Mia de $)
C.I.	:	commerce international tous biens confondus (en Mia de $)
C.I.mt/C.I.	:	part des microtechniques dans le commerce international
Cr(p)	:	taux de croissance annuel de la part des microtechniques dans le commerce international

[2] Le commerce international est mesuré à partir des flux du commerce extérieur des nations, en agrégeant la moyenne des flux (exportations et importations) enregistrés par les nations impliquées dans l'échange pour une production donnée (LAFAY et HERZOG, 1989).

Durant la période allant de 1980 à 1989, l'industrie mondiale des microtechniques[3] a entamé une phase de croissance par rapport aux autres secteurs industriels. Cette croissance s'est effectuée en deux temps.

De 1980 à 1985, les microtechniques ont enregistré un taux de croissance annuelle en valeur relativement élevé (8.6 %) de sorte qu'elles ont amélioré leur part de 2.6 points au détriment des autres secteurs industriels. Ce résultat s'explique notamment par la progression du commerce des micro-ordinateurs ou celle des composants électroniques. Si la situation s'est relativement stabilisée dans la seconde moitié des années quatre-vingts (croissance annuelle, en valeur, des microtechniques de 2 % et progression de leur part dans le commerce mondial total de 0.8 point), l'industrie des microtechniques représente tout de même 8.5 % du commerce international total en 1989.

Sur la scène internationale, les microtechniques ne constituent donc pas un ensemble d'activités mineures, mais bel et bien une industrie en croissance dont les enjeux attirent un nombre toujours plus élevé de producteurs.

1.2 Structure de la concurrence et commerce extérieur

La structure de la concurrence sur le marché international des produits microtechniques est définie en fonction des parts d'exportation des différentes nations (MATHIS, 1988).

---

[3] L'annexe 2 dresse la liste des catégories de produits microtechniques issues de la nomenclature de l'ONU (ONU, 1990) à partir desquelles les chiffres présentés sont tirés.

Le **Tableau 2** retrace l'évolution des parts de marché détenues entre 1980 et 1989 par le Japon, les Etats-Unis, l'Allemagne, la France, l'Italie et la Suisse. Le choix de ces six pays de référence se justifie par le fait qu'ils détiennent ensemble prés des deux tiers des parts de marché microtechniques dans le monde (le tiers restant se partageant essentiellement entre la Grande-Bretagne, les Pays-Bas, Hong-Kong, Singapour et la Corée du Sud).

Tableau 2: parts de marché microtechniques des principeux concurrents mondiaux

Pays	Parts de marché			Cr(p)1	Cr(p)2
	1980	1985	1989		
Japon	15.6 %	20.7 %	25.3 %	5.8 %	5.1 %
Etats-Unis	21.6 %	22.9 %	20.8 %	1.2 %	-2.4 %
Allemagne	13.8 %	10.6 %	9.2 %	-5.1 %	-3.5 %
France	6.5 %	5.2 %	4.0 %	-4.4 %	-6.3 %
Italie	4.0 %	3.3 %	2.9 %	-3.8 %	-3.2 %
Suisse	4.4 %	2.8 %	2.7 %	-8.6 %	-0.9 %
Total ZR	**65.9 %**	**65.5 %**	**64.9 %**	**-0.1 %**	**-0.2 %**
R. Monde	**34.1 %**	**34.5%**	**35.1 %**	**0.2 %**	**0.4 %**

Source: NEMETI et PFISTER, 1994

Cr(p)1	:	taux de croissance annuel de la part de marché microtechniques de chaque pays entre 1980 et 1985
Cr(p)2	:	taux de croissance annuel de la part de marché microtechniques de chaque pays entre 1985 et 1989
TOTAL ZR	:	parts de marché microtechniques détenues par les six pays de référence
R. MONDE	:	parts de marché microtechniques détenues par le reste du monde

La lecture de ces chiffres permet de distinguer deux périodes: la première et la seconde moitié des années quatre-vingts.

Si l'on se réfère à l'évolution des parts de marché des différents concurrents entre 1980 et 1985, force est de constater que seul le Japon a enregistré une croissance constante, de sorte qu'il se pose comme le grand bénéficiaire de la croissance du marché international des microtechniques. Les Etats-Unis ont, dans une moindre mesure, épousé la tendance du Japon, alors que les pays européens ont vu leur part se réduire de manière sensible, la Suisse enregistrant la plus forte décroissance annuelle (moins 8.6 %). Les résultats de cette période reflètent largement la rupture qui s'est opérée principalement à deux niveaux du marché mondial des microtechniques. D'une part, la transition des machines de bureau non informées aux micro-ordinateurs en général, d'autre part, le déclin progressif d'un pan de la filière mécanique au profit de composants concurrents de type électroniques (LAFAY et HERZOG, 1989). Cette rupture technologique a, avant tout, profité aux pays qui l'ont essentiellement suscitée, à savoir les Etats-Unis et le Japon.

La seconde moitié des années quatre-vingts a, en revanche, vu une stabilisation des parts de marché respectives, ce qui tend à démontrer un certain rattrapage, issu du phénomène de convergence technologique décrit par Storper (1991), de la part des pays européens en matière d'électronique et de micro-électronique. La Suisse, en particulier, a freiné sa chute et stabilisé sa part de marché, grâce à une reprise en mains de certains segments microtechniques où elle était devenue défaillante, comme celui des montres électroniques de bas de gamme, reconquis par la "Swatch" notamment et la production de circuits micro-électroniques spécifiques à basse consommation.

Parallélement au processus de convergence technologique, on assiste à la mise en place d'une spécialisation à l'échange des nations dans les différents domaines des microtechniques. L'annexe 3 présente la spécialisation à l'échange des six pays de référence au travers des performances réalisées par ces derniers dans le commerce de chaque catégories de produits microtechniques[4].

L'approche sous l'angle du commerce extérieur montre que les activités microtechniques constituent une part importante des exportations de nombreux pays industrialisés. A titre d'exemple, on peut relever qu'en 1989 ces activités réalisent 24 % des exportations du Japon, 15 % de celles des Etats-Unis, 14 % de celles de la Suisse, 9 % de celles de l'Allemagne ou encore 6 % de celles de la France et de l'Italie (NEMETI et PFISTER, 1994; ONU, 1981, 1990).

Le **Tableau 3** présente, pour la Suisse et les cinq nations précitées, le résultat commercial d'ensemble, agrégé, des divers secteurs relevant des microtechniques. Le calcul du taux de couverture (rapport entre les exportations et les importations) illustre la position commerciale de l'industrie des microtechniques suisse par rapport à ses principaux concurrents étrangers. Ce tableau indique l'importance des microtechniques suisses dans le commerce international malgré le climat de mutations constantes et de compétition acharnée, tel que celui ayant prévalu au cours des années quatre-vingts.

Bien qu'ayant enregistré une légère diminution de son taux de couverture entre 1980 et 1989,

[4] Pour une analyse détaillée des performances sectorielles et des positions de marché acquises par le Japon, les Etats-Unis, l'Allemagne, la France, l'Italie et la Suisse, voir "Les aspects de la compétitivité de l'industrie des microtechniques suisse" (NEMETI et PFISTER, 1994).

l'industrie suisse des microtechniques reste largement excédentaire et ne craint nullement la comparaison internationale, puisqu'à l'exception du Japon, ses principaux concurrents ont vu leur situation se dégrader, surtout en ce qui concerne l'Allemagne et les Etats-Unis, devenus légèrement déficitaires en 1989.

Tableau 3:teux de couverture de l'industrie des microtechniques

Pays	Tc 1980	Tc 1985	Tc 1989	V(Tc)
Japon	4.16	6.09	5.38	0.29
Suisse	1.76	1.75	1.46	-0.17
Allemagne	1.28	1.23	0.98	-0.23
Etats-Unis	1.50	0.98	0.97	-0.35
France	0.86	0.91	0.70	-0.19
Italie	0.77	0.79	0.66	-0.14

Source: NEMETI et PFISTER, 1994

Tc : taux de couverture microtechniques
V(Tc) : indice de variation de Tc entre 1980 et 1989

L'industrie des microtechniques procure ainsi un apport déterminant au résultat commercial réalisé par l'ensemble de l'industrie suisse, le solde commercial de l'industrie des microtechniques étant supérieur au solde commercial moyen de l'industrie suisse. Par ailleurs, à l'échelon de l'industrie nationale suisse, tous secteurs confondus, les microtechniques emploient, en 1991, 13,5% des effectifs (104'321 emplois microtechniques sur un total de 772'572 emplois industriels), regroupent environ 9,5% des firmes (4'235 établissements

microtechniques sur un total de 44'668 établissements industriels), produisent quelque 6 % du produit national brut et contribuent pour 14 % aux exportations (NEMETI et PFISTER, 1994).

A la lumiére de ces quelques remarques, la compétitivité de l'industrie des microtechniques apparaît sans conteste comme un enjeu crucial pour la dynamique industrielle et la prospérité économique de la Suisse. Par ailleurs, en raison de l'insertion de ses produits dans la plupart des domaines d'activités industriels (automobile, machine-outil, aéronautique, etc.) mais aussi dans des secteurs publics (secteur médical, transports, télécommunication, surveillance écologique, etc.), les microtechniques constituent une clé du développement économique global. En effet, leur contenu technologique les rend particuliérement importante pour le maintien et le renouvellement de la capacité concurrentielle de nombreux domaines d'activités industriels.

Si à l'échelle internationale et nationale suisse les microtechniques revêtent une importance économique de premier ordre, qu'en est-il au niveau de l'Arc jurassien? En d'autres termes, les microtechniques procédent-elles d'une concentration spatiale de leurs activités dans l'Arc jurassien de sorte que l'on puisse considérer véritablement ce dernier comme une zone de spécialisation industrielle nationale?

1.3 Concentration des activités microtechniques

L'Arc jurassien concentre une part importante des emplois et des firmes liés aux activités microtechniques en Suisse (MAILLAT et al., 1992c) (**Tableau 4**).

D'un point de vue spatial, le caractére territorial des activités microtechniques a été démontré par le biais des quotients de localisations calculés sur la base de l'ensemble des activités microtechniques de référence (Cf. Annexe 1).

Tableau 4:nombre d'emplois microtechniques dans l'Arc jurassien et en Suisse

	EM.ind	ET.ind	EM.mt	ET.mt	% EM.mt
Arc jurassien	77'757	4'679	30'618	1'291	39.4 %
Suisse	772'572	44'668	104'321	4'235	13.5 %

Source: OFS-RFE, 1991

EM.ind	:	emplois industriels
ET.ind	:	établissements industriels
EM.mt	:	emplois microtechniques
ET.mt	:	établissements microtechniques
% EM.mt	:	pourcentege des emplois microtechniques dens l'industrie

Au plan national suisse, les quotients révélent une forte concentration spatiale et une spécialisation en termes d'emplois et de nombre d'établissements microtechniques dans l'Arc jurassien (MAILLAT et al., 1992c). Par ses caractéristiques, ce dernier

5 Instrument d'anelyse spatiale, les quotients de localisation permettent, d'une part, de mesurer le degré de concentration spatiale d'une activité industrielle (ou d'un ensemble d'activités comme les microtechniques) en relevent la part totale de l'activité dans les espaces les plus spécialisés et, d'eutre part, de mesurer dans quelle activité un espace donné est relativement spécialisé par rapport à la norme nationale. Indicateurs relatifs, les quotients de localisetion permettent ainsi de comparer entre elles des zones de concentration industrielle, méme si ces demiéres sont de teille différentes. La formule permettent le calcul des quotients einsi qu'un commenteire portent sur l'interprétetion des résultats figurent en Annexe 4.

constitue ainsi un exemple-type de système productif localisé orienté vers lesmicrotechniques.

Historiquement, le secteur horloger est à l'origine du développement des activités microtechniques dans l'Arc jurassien (Cf. Chapitre 1). Cependant, l'Arc jurassien dans son ensemble ne doit pas sa forte position en matière de microtechniques exclusivement à la localisation de l'horlogerie mais également à la présence d'une gamme diversifiée d'activités microtechniques (micro-électronique, optique, matériaux, etc.). Fortement diversifiées, les activités microtechniques de l'Arc jurassien regroupent l'ensemble des 17 activités de référence consignées en annexe (Cf. Annexe 1). Afin de ne pas alourdir le texte, l'annexe 5 présente l'évolution de la structure des emplois microtechniques par secteurs dans les différentes parties de l'Arc jurassien entre 1985 et 1991. Ces tableaux donnent une indication quant aux domaines de spécialisation relative de chacune des régions.

Comme l'indique le **Tablaau 5**, il convient toutefois de mentionner que la concentration spatiale des activités microtechniques n'est pas propre à l'Arc jurassien[6].

Au plan suisse et en marge de l'Arc jurassien, on trouve en effet des zones spécialisées en microtechniques (Genève et Zoug). Le cas de Zoug est assurément le plus significatif, puisque ce canton possède le quotient de localisation le plus élevé. Mais, à la différence de l'Arc jurassien, Zoug doit sa spécialisation en microtechniques à la présence d'une grande entreprise (Landis & Gyr), active dans la production de systèmes de mesure et

6 Pour une analyse détaillée des domaines de spécialisations microtechniques et de leurs localisations respectives en Europe (France, Allemagne, Italie et Suisse), lire "Localisation des activités microtechniques en Europe" (MAILLAT et al., 1992c).

de télécommunications, et se trouve, de ce fait, moins diversifié que l'Arc jurassien. A l'étranger par ailleurs, on retrouve des concentrations et des spécialisations analogues en Allemagne (Berlin, certains districts du Bade-Wurtemberg et de la Bavière), en Italie (Latium, région d'Ivrea, région milanaise, etc.) et en France (Haut-Doubs, Vallée de l'Arve, région grenobloise et parisienne, etc.).

Tableau 5: quotients de localisation des activités microtechniques en Europe

Pays	Régions	QL ia
Suisse	Zoug	3.91
	Arc jurassien	3.20
	Genève	1.62
France	Franche-Comté	1.88
	Ile-de-France	1.63
	Centre	1.24
	Rhône-Alpes	1.16
Allemagne	Berlin-ouest	1.78
	Bade-Wurtemberg	1.47
	Bavière	1.29
Italie	Latium	1.63
	Frioul-Vénétie-Julienne	1.55
	Lombardie	1.41
	Campagnie	1.22
	Piémont	1.02

Source: MAILLAT et al., 1992c

QL ia : quotient de localisation des emplois microtechniques (a) dans la région (i)

L'industrie des microtechniques se caractérise ainsi par une concentration spatiale de ses activités, en particulier dans les régions de vieille tradition industrielle. En effet, les zones mises en évidence

partagent une identité au niveau de l'histoire industrielle puisqu'elles se sont toutes tournées vers les microtechniques à partir de secteurs traditionnels comme l'horlogerie, la micromécanique et la machine-outil.

Les microtechniques apparaissent ainsi comme organisées en une industrie internationale, elle-même constituée par plusieurs systémes de production nationaux, localisés dans des zones spécifiques. Cette concentration des activités met implicitement en évidence l'importance de l'environnement territorial et de la proximité des agents actifs en microtechniques (firmes, centres de recherche et de formation, etc.) dans le développement et le dynamisme de cette industrie. La proximité entre acteurs joue un rôle décisif dans les processus d'innovation continue nécessaire au maintien et au développement de la compétitivité d'une industrie soumise aux mutations technologiques telle que celle des microtechniques. En effet, l'innovation implique des échanges d'informations scientifiques, techniques et économiques soutenus ainsi que la mise en place de réseaux de production et d'innovation pour lesquels la proximité constitue un atout majeur.

L'Arc jurassien concentre donc une grande partie des emplois et des firmes liés aux activités microtechniques de Suisse. L'Arc jurassien représente, en effet, par rapport à l'industrie des microtechniques nationale, environ 30 % des emplois et des firmes (OFS-RFE, 1991). Il pése donc de façon considérable sur les activités microtechniques nationales, alors que ces derniéres représentent, en fait, un domaine de spécialisation à l'échange pour la Suisse, dans la mesure où leur taux de couverture commerciale (rapport des exportations aux importations) est largement supérieur à la moyenne des secteurs industriels nationaux. On peut donc en conclure que

l'Arc jurassien apporte une forte contribution à une industrie clé pour le commerce extérieur de la Suisse. D'un point de vue économique et commercial, l'Arc jurassien révéle donc indéniablement des caractéristiques qui sont nécessaires, mais non suffisantes, pour le considérer comme un district technologique.

Le repérage d'un tel district doit être, en ce sens, complété par la prise en compte des éléments qui l'ont fait naître et le font perdurer. Dans le cas des microtechniques, l'instabilité et le caractére combinatoire des technologies utilisées sont les éléments fondamentaux, parce qu'ils génèrent les contraintes dominantes que les forces productives cherchent à dépasser. Cette lutte que le système productif des microtechniques livre à la technologie offre, en fait, une vision dynamique des principales caractéristiques d'un district technologique. D'un côté, un ensemble de technologies dont l'instabilité et les possibilités combinatoires posent des contraintes techniques, organisationnelles et commerciales exponentielles, et, de l'autre, des agents qui, cherchant à dépasser ces contraintes se retrouvent confrontés à la nécessité d'adopter une forme particuliére d'organisation productive et de gestion de l'innovation basée sur les réseaux de production et d'innovation.

Dans cette perspective, le point suivant aborde les microtechniques du point de vue des contraintes majeures qu'elles posent en termes techniques mais également en termes organisationnels.

2 Une organisation en réseaux

La seconde caractéristique des districts technologiques qu'il s'agit d'examiner dans le cas des microtechniques de l'Arc jurassien porte sur les

raisons et les enjeux d'une organisation de la production en réseaux.

Pour ce faire, les points suivants décrivent, de manière générale, la structure productive de l'industrie des microtechniques. A partir des tendances évolutives fondamentales en microtechniques, l'analyse débouche sur la description de la filière de fabrication. L'interprétation en termes de filière met en lumière les principaux éléments de maîtrise industrielle et technique et permet, en définitive, de montrer la multidisciplinarité des compétences requises dans la fabrication de produits microtechniques. Par ailleurs, au travers d'une rapide description des principales composantes de l'industrie des microtechniques de l'Arc jurassien ainsi que leurs spécialisations relatives, on montre que l'Arc jurassien procède d'un éclatement de ses compétences en de nombreuses firmes.

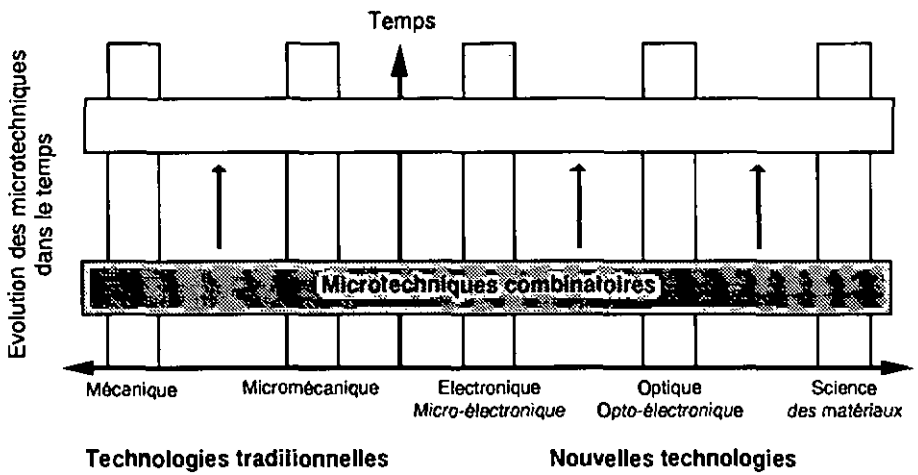
C'est sur la base de cette contradiction apparente, entre, d'une part, la multidisciplinarité des compétences requises et, d'autre part, l'éclatement des compétences au niveau territorial, que découle la justification d'une organisation de la production en réseaux.

2.1 Tendances évolutives fondamentales en microtechniques

Consacré à la définition et à la genèse des microtechniques, le premier chapitre a montré que les produits traditionnels étaient, à l'origine, entièrement basés sur la mécanique. Il s'agissait là, en fait, de microtechniques élémentaires, fondées essentiellement sur la micromécanique et donc dépendantes des progrés réalisés dans ce domaine.

Avec l'apparition et les progrès de nouvelles technologies, les microtechniques se sont toutefois considérablement modifiées au cours de ces derniéres années et reposent, désormais, sur un ensemble de technologies différentes à combiner pour réaliser les produits actuels. On est, ainsi, passé progressivement des microtechniques élémentaires à des microtechniques combinatoires fondées sur une combinaison de technologies variées dépendantes non plus des seuls progrés de la mécanique, mais également d'autres domaines techniques (matériaux, micro-électronique, optique, informatique, etc.) (**Figure 1**).

Figure 1: évolution des technologies et caractère transvereal des microtechniques combinatoires



Cette transition constitue la tendance évolutive fondamentale de l'industrie des microtechniques.

L'introduction au sein des produits, notamment, des nouveaux matériaux (matériaux composites, plastiques, etc.) en substitution des matériaux traditionnels (cuivre, laiton, acier, etc.), mais également des composants/systémes (micro-électronique, opto-électronique, etc.) en remplacement des solutions mécaniques traditionnelles, indique que les microtechniques sont étroitement liées aux progrés réalisés dans des domaines techniques trés divers qui ont une influence tant sur les procédés de fabrication que sur les propriétés et les performances des produits microtechniques.

Ce constat permet de relever l'importance du systéme technique global (GILLE, 1978) dans l'évolution et le développement des activités microtechniques[7]. Il met, finalement, en évidence les interdépendances techniques en vue de maîtriser l'ensemble du processus de fabrication nécessaire à la réalisation de produits microtechniques modernes .

Le processus de fabrication en microtechniques s'accompagne ainsi d'un processus d'adaptation des connaissances techniques (développées, de maniére plus ou moins indépendante, dans les diverses technologies utilisées) aux problémes spécifiques que les microtechniques doivent résoudre. Ces derniéres sont donc tributaires des progrés et des avances technologiques qui sont

7 Dans son ouvrage consacré à l'histoire des techniques, Gille (1978) considére qu'il n'existe pes de techniques isolées mais, au contraire, un ensemble de techniques solidaires les unes des autres. Cette affirmation illustre bien la situation rencontrée dans les microtechniques où, en dehors de ses techniques propres, cette industrie dépend de techniques connexes situées en marge des problèmes purement micromécaniques. Selon cette approche, l'ensemble des techniques sont à un moment donné et à des degrés divers dépendantes les unes des autres et il est nécessaire qu'il existe entre elles une certaine cohérence. C'est cette cohérence qui compose le "système technique".

effectuées dans des domaines connexes qui, souvent, relèvent des activités dites à haute technologie.

La ***Figure 1*** illustre, à cet égard, le développement des activités connexes en trajectoires ascendantes ainsi que le caractère transversal et combinatoire des microtechniques. Les microtechniques combinatoires se développent ainsi par paliers, adaptant et intégrant au cours du temps dans leur processus de production les avances techniques obtenues dans d'autres secteurs. L'évolution des techniques en microtechniques est ainsi régie par un certain nombre de principes généraux propres à cette activité. Toutefois, elles se développent également sous la contrainte due à l'articulation de ses techniques en un système global. Les innovations dans l'industrie microtechniques sont donc fondamentalement tributaires des progrès réalisés dans les autres industries liées[8].

---

8 Il est par ailleurs important de remarquer que, si les techniques sont dépendantes les unes des autres, "une limite atteinte dans un secteur donné peut bloquer tout un système technique, c'est-à-dire le bloquer dans son évolution générale" (GILLE, 1978, p. 33). A cet égard, les microtechniques se caractérisent, notamment, par de gros efforts de miniaturisation permettant la création de produits de petites dimensions qui favorisent une production rentable, une économie d'énergie et une grande fiabilité. Ces efforts se trouvent être facilités à l'heure actuelle par les développements et les progrès de technologies connexes comme la micro-électronique et l'opto-électronique. Cependant, il semble que la miniaturisation soit limitée. En effet, selon Dutoit et Ilegems (1990, p. 50-51), à partir d'une taille des composants micro-électroniques de 0,1 µm, apparaissent des phénomènes parasites et le problème des interconnexions trop longues entre transistors d'un circuit intégré provoque une diminution de la vitesse atteignable (un signal ne peut se propager plus vite que la vitesse de la lumière). Par ailleurs, avec des composants de ces dimensions, des problèmes au niveau de l'assemblage apparaissent, ainsi qu'au niveau de la dissipation thermique. Selon ces auteurs : "ces difficultés mettront une limite à la miniaturisation si l'on suit les schémas classiques. A moins que de nouvelles solutions ne soient découvertes avant la fin du siècle, l'industrie des semi-conducteurs entrera dans une période de maturité et de stagnation", entraînant avec elle, interdépendance oblige, une stagnation dans les efforts de miniaturisation en microtechniques.

2.2 Filière de fabrication et principaux éléments de maîtrise industrielle

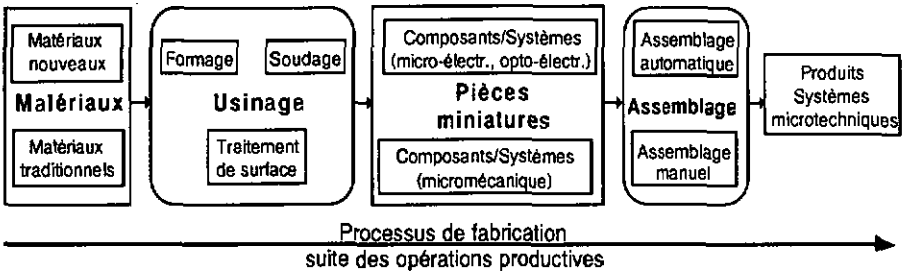
Les évolutions techniques mentionnées précédemment peuvent faire l'objet d'une interprétation en terme de filière. Cette dernière constitue le cadre d'évolution des procédés et des techniques de production utilisés dans l'industrie des microtechniques. La notion de filière utilisée ici se réfère aux travaux de Morvan (1985) qui considère celle-ci comme une succession d'opérations de transformation dissociables, séparables et liées entre elles par des enchaînements de techniques et de technologies.

Dans cette perspective, la **Figure 2** décrit, de manière schématique, les principales opérations techniques nécessaires dans le domaine des microtechniques. Elle met en évidence les techniques et technologies utilisées, la nature des produits finaux et celle des produits intermédiaires en cause, ainsi que le type de liens qui s'établissent entre ces éléments. Cette suite d'opérations productives constitue la description de la filière de fabrication de l'industrie des microtechniques actuelle, fondée sur une combinatoire technologique.

La filière de fabrication permet d'identifier les principales opérations productives des microtechniques qui constituent le cadre de fonctionnement technique de cette industrie. La suite des opérations techniques nécessaires constitue un élément stable au cours du temps qui détermine l'existence et la permanence de directions spécifiques du progrès technique et donc d'orientations particulières imprimées à la recherche industrielle (FORAY, 1987). En d'autres termes, les procédés microtechniques (donc la structure de l'industrie) évoluent et se transforment

certes, mais selon des directions et des modalités particulières qui contribuent à définir l'identité, c'est-à-dire l'organisation et le fonctionnement de cette industrie. Les innovations de procédés qui suscitent parfois des transformations importantes dans les structures de l'industrie constituent des éléments de repère de la dynamique de l'évolution des techniques de fabrication en microtechniques. L'apparition et/ou le développement de nouvelles techniques de fabrication permettent, d'une part, l'amélioration de produits existants et, d'autre part, la création de produits nouveaux permettant d'accéder à de nouveaux marchés ou d'atteindre une position dominante sur des marchés existants.

Figure 2: la filière de fabrication des microtechniques

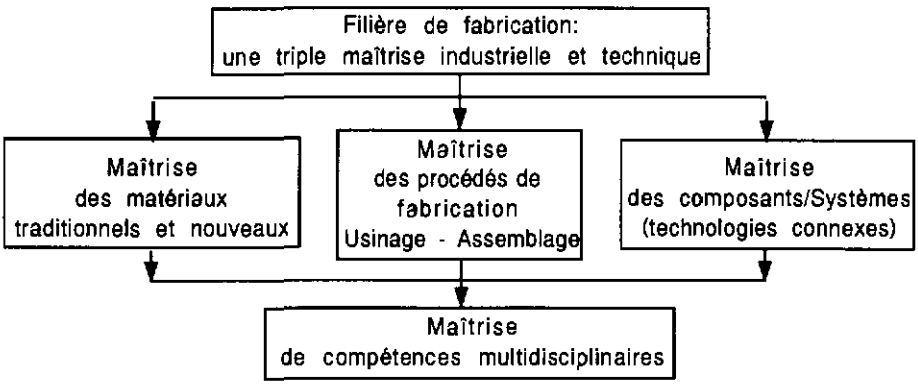


A partir de la filière de fabrication décrite précédemment, on constate que le déroulement des principales opérations productives est étroitement lié à une triple maîtrise industrielle et technique (**Figure 3**).

Selon cette figure, le contrôle du processus de fabrication passe par une maîtrise conjointe des

matériaux utilisés tant pour les pièces usinées que pour les outils d'usinage, des procédés de fabrication (usinage et assemblage) ainsi que des technologies connexes (composants et systèmes micro-électroniques et/ou opto-électroniques) et leur intégration au sein des produits. Ces éléments de maîtrise, qui constituent un facteur essentiel du processus de production en microtechniques, mettent en lumière la multidisciplinarité des compétences requises dans la fabrication de produits microtechniques.

Figure 3: les éléments de maîtrise industrielle



La présentation détaillée de chacun des éléments de maîtrise industrielle et technique ainsi que leur évolution relève d'une approche par trop technique et sort, par conséquent du champ des préoccupations de cet ouvrage[9]. C'est pourquoi, on

9 L'annexe 6 présente les principales techniques d'usinage utilisées en microtechniques et propose un rapide commentaire concernant les tendances évolutives des procédés de fabrication, des matériaux et de l'assemblage automatique. Pour plus de détails, le lecteur intéressé peut

se contentera simplement, ici, d'une illustration par l'exemple. Les lignes qui suivent présentent, succinctement, deux exemples concrets de produits appartenant à la filière des microtechniques et dont les modes de fabrication correspondent aux opérations productives décrites.

Exemple I : La montre "Swatch"
La montre "Swatch" constitue un exemple typique de produit microtechniques. La "Swatch" se caractérise par son boîtier en matière synthétique ultrarésistant moulé par micro-injection, qui fait également office de piéce de montage sur laquelle sont fixés des piéces miniatures, telles qu'un moteur pas-à-pas, un jeu d'engrenages mécaniques fabriqués par découpage, ainsi qu'un module électronique, le tout construit avec des instruments de trés haute précision et soudé aux ultrasons, l'ensemble étant assemblé sur une ligne de montage entiérement automatisée.

Exemple II : Le pied à coulisse "Digit-Cal"
L'élaboration d'un instrument de mesure tel que le Digit-Cal nécessite des matériaux nouveaux, notamment composites, des techniques d'usinage en mécanique de précision (formage; traitement de surface), ainsi que l'intégration de composants/systèmes micro-électroniques (systéme de mesure capacitif; affichage; circuits intégrés spécifiques [ASIC]) et des procédés d'assemblage et de test de composants microtechniques.

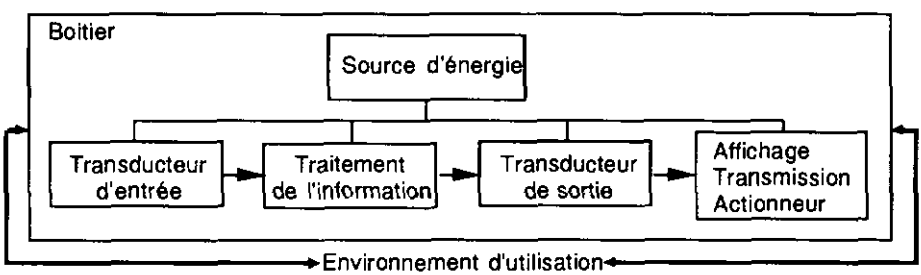
Au-delà de l'exemple, il est possible de généraliser la description à l'ensemble des produits

se référer aux actes des colloques "Journées de microtechnique" organisés per le Département de microtechnique de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL, 1988, 1990). Portent respectivement sur la conception de produits en vue d'un montage automatique et les techniques de fabrication en microtechniques, ces colloques constituent une excellente source d'information.

microtechniques. En fait, la plupart des produits microtechniques actuels intégrent une base mécanique (support; boîtier; piéces mécaniques; engrenages; etc.) réalisée par découpage, décolletage, injection de matiéres plastiques, etc.; une base électronique et / ou micro-électronique, souvent importante, (circuits intégrés; câblage pour circuits imprimés souples; micromoteurs; etc.), réalisée par procédés photolithographiques; et, parfois associée à l'ensemble, une base optique et / ou opto-électronique (lentilles; fibres optiques; etc.). Ces éléments de base se retrouvent notamment dans les montres, les lecteurs et baladeurs CD, les robots industriels, les instruments et appareils de mesure et de contrôle, les imprimantes, etc..

L'intégration de ces différentes bases dans les microtechniques est schématisée par la **Figure 4** qui illustre, de maniére générale, le modéle technique de fonctionnement de la plupart des produits microtechniques actuels.

Figure 4: modèle technique de fonctionnement des produits microtechniques



Selon ce modéle technique de fonctionnement, on trouve, en entrée des produits microtechniques, un

transducteur. Ce dernier peut-être défini comme un organe convertissant, à l'émission ou à la réception, un phénoméne physique en vue de sa transmission (ex : microphone; haut-parleurs). Il correspond à ce que l'on appelle aujourd'hui un capteur en tant que dispositif permettant de détecter, en vue de le représenter, un phénoméne (physique ou chimique) sous la forme d'un signal (généralement électrique). Il a donc pour fonction principale la traduction d'une grandeur physique ou chimique sous la forme d'un signal électrique transmis au bloc suivant en vue de son traitement. Le traitement de l'information transmise par le transducteur d'entrée permet de donner des ordres spécifiques (à nouveau sous forme d'un signal) à un transducteur de sortie. Ce dernier a pour fonction, soit de traduire un signal numérique sous forme d'un affichage (analogique ou digital) ou sous forme d'une action à effectuer (micropompe; microvanne; etc.), soit, plus simplement, de transmettre plus loin les données (vers un autre appareil dans le cadre d'un système plus complexe). Toute ces fonctions partielles sont interreliées (câblage; fibres optiques; engrenages; etc.). Le fonctionnement de l'ensemble est, par ailleurs, assuré par une source d'énergie, le tout étant intégré sur un support ou boîtier qui assure l'interface de l'appareil (du produit microtechnique) avec son environnement (utilisateur; milieu ambiant de travail) et qui sert de protection des parties sensibles et de support pour les composants.

La description du modéle technique de fonctionnement des produits microtechniques complète ainsi la filière de fabrication. Il précise l'importance et le rôle joué par les différentes bases constitutives de la plupart des produits microtechniques actuels et permet, en définitive, de montrer que les microtechniques font appel à des techniques et des savoir-faire multidisciplinaires.

2.3 Enjeux des réseaux

La multidisciplinarité des compétences requises dans le processus de fabrication n'est pas sans poser certains problèmes dans l'Arc jurassien. Ces problèmes proviennent du fait que les microtechniques procèdent d'un éclatement des compétences au niveau territorial.

Derrière le schéma illustrant la filière de fabrication (Cf. **Figure 2**), on trouve, en dehors de centres de recherche et de formation[10], des entreprises de production et de services participant, à un stade ou à un autre, au processus de production en microtechniques. Or, il convient de préciser que les entreprises actives en microtechniques, souvent spécialisées dans un domaine particulier, ne fabriquent pas nécessairement à elles seules les produits finaux. En effet, elles peuvent ne constituer qu'un élément de la filière destiné à la production de certains composants particuliers ou certains systèmes, dont l'intégration en un produit fini se fait dans une phase ultérieure.

Cette situation se retrouve, en l'occurrence, fréquemment dans l'Arc jurassien dans la mesure où l'industrie des microtechniques est composée de nombreuses firmes spécialisées, des PME pour la plupart (MAILLAT et al., 1993a). Ces dernières, qui ne maîtrisent souvent que partiellement les éléments du processus de production, ne réalisent que rarement l'intégralité des systèmes et produits microtechniques. La spécialisation de ces entreprises est le reflet de la difficulté pour celles-ci

10 L'annexe 7 dresse la liste des principaux centres de recherche et de formation spécialisés dans les microtechniques ainsi que leurs domaines d'activités. Pour un descriptif détaillé des institutions suisses de recherche et de formation en microtechniques, lire le Chapitre 5 de "L'industrie microtechnique en Suisse" (MAILLAT et al., 1993a).

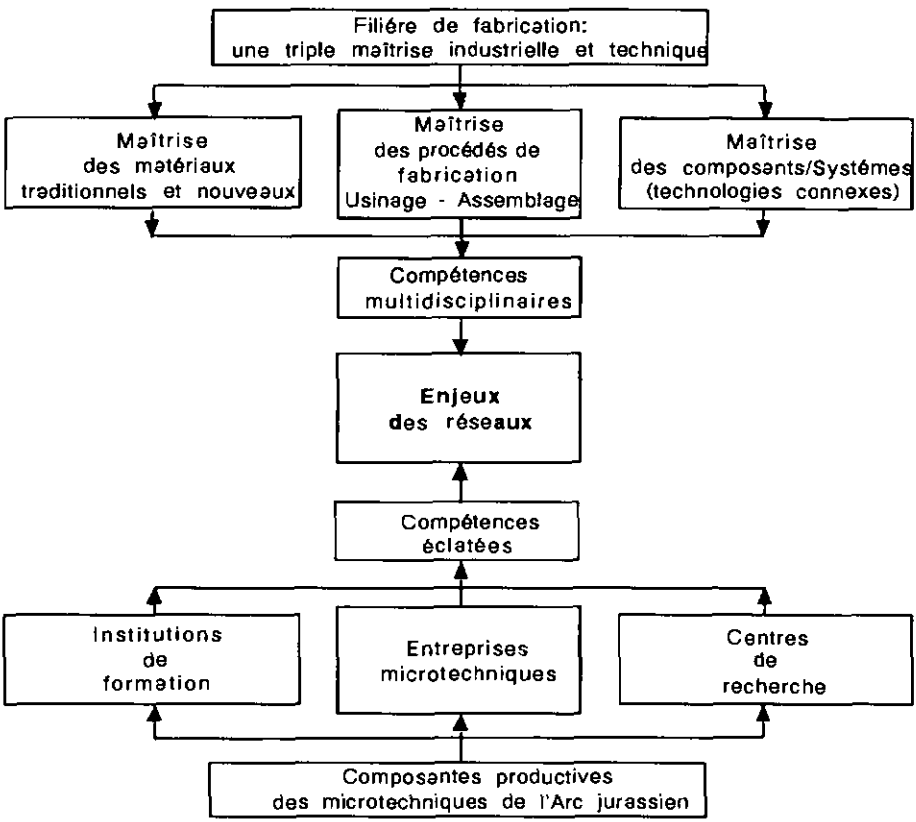
à disposer de l'ensemble des compétences nécessaires à la réalisation d'un produit. Par ailleurs, cette spécialisation découle de l'évolution des conditions de production (délai de mise sur le marché des produits, durée de cycle de vie des produits, complexité technologique, etc.) qui contraint les firmes à concentrer leurs efforts dans des domaines spécifiques. La complexité des produits microtechniques modernes, intégrant à la fois la micromécanique, l'électronique et parfois l'optique, pousse donc les entreprises à se spécialiser et induit une certaine segmentation de la production au niveau territorial.

Cette fragmentation et cette spécialisation de la production, confrontées à la multiplicité des technologies engagées ainsi qu'à la multidisciplinarité des compétences requises, impliquent l'établissement de collaborations entre firmes, de même qu'entre firmes et centres de recherche. Ces collaborations s'inscrivent dans un cadre d'échange non marchand et stable, visant à réduire le temps de développement des produits, de même qu'à en partager les coûts. L'importance de ces collaborations met d'emblée en évidence le rôle et les enjeux de la constitution de réseaux de production et d'innovation dans la capacité adaptative et concurrentielle du système productif de l'Arc jurassien (**Figure 5**).

L'évolution en cours dans les produits microtechniques et dans les procédés qui y sont associés a ainsi de profondes conséquences sur les relations entre firmes ou entre firmes et centres de recherche et de formation. En effet, la désintégration verticale de la production implique non seulement d'intenses collaborations scientifiques et techniques, nécessaires à la mise à niveau technologique des procédés et des produits, mais aussi des collaborations économiques, visant

une meilleure identification, et donc une meilleure satisfaction, des besoins des utilisateurs.

Figure 5: raisons et enjeux des réseaux



Dans l'Arc jurassien, certains exemples attestent de l'émergence de collaborations scientifiques et techniques et de partenariats industriels visant à

développer de nouvelles technologies et à instaurer une dynamique d'innovation au sein de firmes spécialisées, en regroupant des compétences spécifiques et complémentaires éparses (MAILLAT et al., 1993c). Ces réseaux de production et d'innovation intègrent des PME, des grands groupes, des centres de recherche et de formation, mais aussi un nombre croissant de firmes de sous-traitance que l'on qualifiera de coproducteurs[11].

La constitution de réseaux de collaboration semble ainsi proposer un mode de production particuliérement adapté aux contraintes de production caractéristiques des microtechniques. Bien que loin d'être généralisée dans l'Arc jurassien, cette démarche n'en constitue pas moins une tendance marquée et révélatrice quant à l'évolution des relations au sein du système productif (MAILLAT et al., 1993a). Cette forme d'organisation de la production n'est, toutefois, pas propre à l'Arc jurassien. Le cas des fabricants de matériel informatique de la Silicon Valley montre bien comment s'articule la production de systémes microtechniques, à l'origine éclatée entre une multitude de firmes, des PME pour la plupart (SAXENIAN, 1991). Toutes les étapes de la production de systèmes informatiques se réalisent selon une démarche de coproduction réunissant fabricants, fournisseurs et sous-traitants, et ce de la conception initiale à la commercialisation. Des phénoménes similaires se manifestent dans différents domaines des microtechniques, notamment dans le Bade-Würtemberg, à Gosheim,

11 Une enquête, réalisée auprès des entreprises microtechniques de l'Arc jurassien, montre qu'une part importante des firmes sont engagées dans des réseaux de collaboration. Pour plus de détails quant au type, à la nature ainsi qu'à l'intensité des collaborations instituées dans l'Arc jurassien, lire "Les relations des entreprises de microtechnique avec leur environnement technique et de marché" (SIVIERO, 1992).

avec le pool de micromécanique ou dans la vallée de l'Arve, avec les décolleteurs.

Les remarques précédentes ont montré que les microtechniques reposent sur la combinaison complexe de nombreuses disciplines scientifiques et techniques, mais que cette combinaison n'est pas garantie dans l'Arc jurassien, en raison de l'éclatement des compétences en une multitude de PME spécialisées. Ce constat est lourd de signification dans la mesure où il suggére que la réussite de bon nombre de projets productifs dépend de la capacité des fabricants de systémes microtechniques à collaborer avec leurs fournisseurs de composants spécialisés et avec leurs sous-traitants qui deviennent, pour certains, de véritables coproducteurs. A l'éclatement des compétences s'ajoutent la complexification technologique des systémes et la variété croissante des spécifications des clients. Les fabricants de systémes microtechniques se retrouvent soumis à des pressions toujours plus fortes et toujours plus fréquentes en provenance directe de la recherche fondamentale et du marché. Leur position ne saurait donc plus étre celle d'un "stand alone", car comme le soulignent de nombreuses études consacrées aux nouvelles relations industrielles (MAILLAT et PERRIN, 1992b; COLLETIS et al., 1990; PORTER, 1990) la firme isolée est une espéce en voie de disparition. Dorénavant, la forme d'organisation industrielle qui se dégage est celle des réseaux de production et d'innovation (MAILLAT et al., 1993b). Les relations entre firmes ne se bornent plus aux seules transactions marchandes, mais portent de plus en plus sur des échanges durables d'informations techniques et commerciales. Ces informations, qui relevaient préalablement de la plus stricte confidentialité, quittent désormais la sphére intime de l'entreprise pour toucher un ensemble de partenaires. On assiste, en quelque sorte, à une redéfinition des frontiéres de la firme et

par conséquent à une modification du cadre de la concurrence.

Dans le cas de l'Arc jurassien, on peut considérer que la mise en place d'une organisation en réseaux s'est tout d'abord manifestée avec l'apparition de la micro-électronique, parce que cette dernière constituait la première grande remise en question du modèle technique de fonctionnement des produits microtechniques (Cf. **Figure 4**) et suggérait une redistribution des tâches au sein de la filière de fabrication (Cf. **Figure 2**). On s'est alors rendu compte que la fabrication portait de plus en plus sur des systèmes, et non plus sur de simples composants microtechniques. Cette prise de conscience a engendré une intégration croissante des phases de conception, de fabrication, puis d'assemblage. La prise en compte de l'optique et du traitement de l'information et l'apparition de nouveaux matériaux (plastique, céramique, etc.) a encore augmenté la complexité de la filière de fabrication des produits microtechniques. De fait, de nouveaux savoir-faire, parfois très pointus, se sont constitués et ont progressivement essaimé, sous la forme de nouvelles entreprises de production, mais aussi de services. Le champ des applications microtechniques n'a dès lors cessé de s'élargir, ouvrant de nouveaux marchés à des produits toujours plus spécialisés. La principale conséquence d'une telle complexification technologique consiste, finalement, en un éclatement des savoir-faire dont la combinaison fonctionnelle s'avère pourtant indispensable à l'innovation réussie, comme le remarque Planque (1988). Les réseaux caractérisant l'organisation productive des districts technologiques (STORPER, 1991) apportent donc une réponse naturelle aux contraintes que posent les processus d'innovation en microtechniques.

En définitive, plusieurs points de repéres confirment l'existence, dans l'Arc jurassien, d'un district technologique orienté vers les microtechniques. L'émergence de ce dernier s'explique bien en regard de certaines mutations techno-économiques décrites dans l'ensemble de ce chapitre. Ce constat est lourd de sens pour l'Arc jurassien dans la mesure où, comme on l'a vu (Cf. Chapitre 2), un district technologique doit sa capacité d'innovation et sa pérennité à une organisation productive de type réticulaire. La mise en place de réseaux de production et d'innovation, loin d'être généralisée dans l'Arc jurassien, constitue ainsi un enjeu fondamental pour le maintien et le développement de la compétitivité des entreprises actives en microtechniques. Encore faut-il voir dans quel contexte et sur quelle base la constitution de réseaux d'innovation doit se faire.

En considérant la caractéristique dominante du district technologique des microtechnique, à savoir la nécessité d'innover en permanence, il s'agit désormais d'étudier les contraintes fondamentales que pose l'innovation et de mettre en évidence les principaux éléments à prendre en compte en la matiére. Sur la base des éléments théoriques développés dans le Chapitre 4, on pourra ensuite (Chapitre 5) se demander quels sont véritablement les facteurs qui permettent au district technologique de l'Arc jurassien de remporter le pari qu'il entreprend avec l'innovation. Comme le montrera le Chapitre 5, la réponse à cette interrogation se trouve dans la prise en compte des apports du milieu dans la capacité d'innovation et de renouvellement des entreprises microtechniques.

Chapitre 4

Innovation et réseaux d'innovation

Il n'y a pas lieu de discuter ici l'argument selon lequel l'innovation constitue, de nos jours, un élément central du développement économique. S'il devait subsister le moindre doute à cet égard, il suffirait de penser au siècle passé et de se demander si une quelconque entreprise de l'époque survivrait dans l'économie actuelle. Il y a un siécle en effet, la quête systématique de l'innovation était rare et les innovations lentes. Les quelques innovateurs à succés pouvaient, alors, compter sur des avantages compétitifs significatifs et durables (KLINE et ROSENBERG, 1986). Aujourd'hui, l'innovation constitue pour l'entreprise un coût de maintien de sa compétitivité sur le marché.

Dans ce contexte, la question fondamentale ne consiste donc pas à se demander si l'innovation est nécessaire au renouvellement ou, plus simplement, à la survie des entreprises, mais plutôt, quel type d'innovation? Quels sont les éléments à prendre en compte en matiére d'innovation? Quelles sont les sources et les contraintes de l'innovation? Quelles formes d'organisation l'innovation nécessite-t-elle? Peut-on, finalement, appréhender la nature du processus d'innovation de maniére plus compléte afin de l'utiliser de façon plus efficace?

Afin de répondre à ces interrogations, ce chapitre est articulé en deux étapes complémentaires. La premiére propose une rapide synthése de la littérature et débouche sur une modélisation conceptuelle du processus d'innovation. La seconde étape présente, quant à elle, les principales contraintes inhérentes à ce processus et porte l'accent sur les aspects organisationnels de

l'innovation. Les réponses apportées tout au long de ce chapitre ont pour objectif final la construction d'un cadre d'analyse et de réflexion permettant, par la suite (Chapitre 5), d'aborder le problème de l'innovation dans le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien.

1 La théorie de l'innovation

Relativement ancienne, l'analyse de l'innovation souffre d'une pléthore de commentaires spécialisés ainsi que d'un manque de vision intégrée, tant dans les discours que dans la littérature (KLINE et ROSENBERG, 1986).

Les économistes ont de long en large analysé l'innovation en tant que "boîte noire", c'est-à-dire, un système constitué de divers éléments et de processus (ROSENBERG, 1982). Ils ont tenté d'identifier et de mesurer les principaux intrants qui alimentent la boîte et ils ont, avec beaucoup de difficultés, tenté d'identifier et de mesurer les extrants qui émanent de cette boîte. Ils ont, cependant, porté peu d'attention sur ce qui se passe à l'intérieur de la boîte. Ils ont ainsi largement négligé les processus complexes par lesquels certains intrants sont transformés en certains extrants. Les ingénieurs, pour leur part, se sont essentiellement préoccupés des processus techniques qui ont lieu à l'intérieur de la boîte. Ils ont ainsi trop souvent négligé, voire même ignoré, à la fois l'importance du marché auquel est destiné le "produit" de l'innovation et les ajustements organisationnels (intra et inter firmes) nécessaires au processus d'innovation.

Afin de palier ces insuffisances théoriques, ce premier point entend ouvrir cette fameuse "boîte noire" et examiner la nature du processus de transformation technique sans, toutefois, perdre de

vue les forces externes du marché ni l'importance des contraintes organisationnelles que posent l'innovation. Pour ce faire, aprés un bref commentaire sur la notion même d'innovation, on présentera une synthèse de la conception traditionnelle de l'innovation. L'analyse des principales limites de celle-ci, aménera, ensuite, à s'intéresser au nouveau modéle dit de liaison en chaîne ("chain-link model") développé par Kline et Rosenberg (1986). Alternative au modéle linéaire conventionnel, le modéle de liaison en chaîne offre une vision plus complète et surtout plus réaliste de la nature du processus d'innovation dans l'industrie. En prenant explicitement en compte l'importance de facteurs tels que le marché et l'organisation des relations entre les différents acteurs, ce modéle constitue un outil de réflexion et de travail indispensable pour tous ceux qui, de gré ou de force, entrent dans une démarche d'innovation.

1.1 La notion d'innovation

Au risque de décevoir, il faut reconnaître que l'on est bien emprunté lorsqu'il s'agit de définir de maniére claire et précise l'innovation, tant cette derniére recouvre de vastes domaines. Face à cette difficulté, bon nombre d'auteurs spécialisés ont trouvé une solution fort élégante: ils ne la définissent tout simplement pas! Sans vouloir tomber dans cet excés, mais sans se laisser non plus aller vers une définition qui, de toute maniére, sera boiteuse, on se limitera ici plus volontiers à présenter la notion de l'innovation, c'est-à-dire la connaissance intuitive, synthétique et assez imprécise que l'on a de cette derniére. Pour ce faire, on relévera, tout d'abord, les deux principaux préjugés que l'on peut rencontrer dans certains travaux ou dans la plupart des discours traitant de l'innovation, puis, on mettra en évidence les principaux objets de celle-ci.

La tendance générale consiste à identifier les innovations industrielles[1] à partir de changements majeurs visibles. Energie (électricité, nucléaire, cellules solaires), transports (chemin de fer, automobile, aéronautique, aérospatiale), médecine (antibiotiques, génie génétique), informatique (semiconducteurs, micro-ordinateurs), tels sont les principaux domaines d'activités à partir desquels sont communément considérées les innovations qui nous entourent[2].

Cette approche de l'innovation, si elle offre l'avantage de la simplicité, présente cependant le défaut d'être partielle. Elle néglige totalement d'autres aspects, moins visibles mais tout aussi importants, de l'innovation. En fait, la plupart des innovations sont invisibles. Rares sont les innovations majeures. En effet, une forte part des innovations réalisées dans les sociétés industrielles le sont sous la forme de perfectionnements des installations et des équipements comme, par exemple, des perfectionnement dans la conception des machines ou sous la forme d'améliorations qualitatives des produits et des services dans un domaine d'application. Ces perfectionnement et ses

---

1 Ce chapitre, comme l'ensemble de cet ouvrage, exclut d'emblée, et pour des raisons évidentes, les innovations "non industrielles" comme celles, importantes, qui peuvent se rencontrer notamment dans les arts (peinture, gravure, sculpture) ou dans la littérature.

2 De nombreux auteurs (ZUSCOVITCH, 1985, FREEMAN, 1987) *mettent ainsi l'accent sur l'importance particulière des technologies* génériques, qui offrent de nouvelles possibilités d'innovations et de gains de productivité, non pas seulement pour un produit ou un processus donné, mais pour un grand nombre de produits ou de procédés. Le concept de technologies génériques part du constat selon lequel, dans une phase quelconque du développement économique, seules quelques technologies de base (machine à vapeur, électricité, électronique, nouveaux matériaux, etc.) exercent des effets importants sur l'ensemble de l'économie. Par leur nature, ces technologies sont appelées à se diffuser dans de nombreux domaines de l'économie et, de proche en proche, à développer celle-ci.

améliorations, aussi mineurs soient-ils, peuvent avoir des effets économiques importants et ce, à plusieurs niveaux. Un perfectionnement dans la conception même d'une machine peut en faciliter la fabrication et donc en réduire les coûts, ou encore, en permettant de réduire les vibrations et les frictions, il peut en augmenter la durée de vie. De même, l'introduction de nouveaux matériaux peut en augmenter les performances. Un réarrangement et une simplification des séquences d'opérations effectuées par une machine peut déboucher sur une amélioration de l'efficacité pour l'utilisateur final.

On peut aisément rallonger cette liste d'innovations, dites "mineures". Il suffit de penser, par exemple, à toutes les améliorations successives nécessaires qui, à partir des semiconducteurs et des premiers ordinateurs, ont permis de réaliser les micro-ordinateurs que l'on trouve actuellement sur le marché à des prix extrêmement compétitifs. Toutefois, le propos ici n'est pas de procéder à un recensement exhaustif de ce type d'innovations. Il entend simplement montrer que les effets cumulatifs de ces "petites" innovations prennent une importance telle dans notre monde moderne qu'il devient absurde de vouloir persister dans une dichotomie entre innovations mineures et innovations majeures[3].

[3] Selon Freeman (1987), les innovations mineures, qu'il assimile à des innovations induites, sont en général la conséquence d'idées nouvelles ou d'améliorations proposée par des personnes directement impliquées dans le processus de production ou émenent de propositions venant des utilisateurs mêmes. Plutôt que le résultat d'une activité systémetique de R&D, elles consistent, la plupart du temps, en un perfectionnement des installations et des équipements et en une amélioration qualitative des produits et des services dans un domeine d'application. Les innovations mineures interviennent de façon plus ou moins continue dans toutes les activités industrielles ou tertiaires. Elles possédent un caractére endogéne et dépendent de variables économiques comme les prix relatifs, la répartition des revenus, les objectifs stratégiques des entreprises ou encore les tendances de la demande. Les innovations majeures, quant à elles, reposent sur une activité systématique de R&D,

Un autre malentendu, lui aussi très répandu, consiste à confondre innovation et invention. Dans certains cas, et dans certains cas seulement, l'invention peut être effectivement à l'origine d'une innovation. Mais elle ne doit en aucun cas être, de facto, assimilée à celle-ci. En effet, l'invention en tant que telle n'a, en règle générale, qu'un faible impact économique. Avant d'avoir des conséquences économiques larges, elle doit passer par de nombreuses phases d'améliorations successives. C'est justement l'ensemble de ces différentes phases, ce processus pourrait-on dire, à partir duquel une invention ou une idée est développée, produite puis commercialisée, qui constitue la véritable nature de l'innovation.

Si l'on sait désormais ce qu'elle n'est en tous les cas pas, que peut-on dire alors sur ce qu'est véritablement l'innovation industrielle? Bien qu'il soit illusoire de vouloir prétendre à en donner une définition précise, on peut tout de même, et plus modestement, donner quelques indications quant aux principaux types qu'elle recouvre.

De manière schématique, on distingue trois grands types d'innovations (THOM, 1992). Tout d'abord, les innovations de produits qui concernent, soit la création de nouveaux produits, soit l'amélioration de produits existants. Ces améliorations peuvent porter, par exemple, sur une substitution d'un matériau nouvellement développé et meilleur

soit à l'interne des entreprises, soit dans des centres de recherche publics (universités, instituts, etc.). Elles prennent naissance de façon ponctuelle et variable selon les secteurs et les époques. En développant qualitativement et quantitativement la production de biens et de services existents et en favorisant la création de nouveaux marchés, les innovations majeures peuvent être interprétées comme correspondant à l'émergence de nouveaux peredigmes techno-économiques. De nombreux auteurs (DOSI, 1982; ZUSCOVITCH, 1985; FREEMAN, 1987; GAFFARO, 1987) opposent ainsi les innovations mineures, qui assurent des progrés à la merge dans le cadre d'un paredigme techno-économique existent, aux innovations majeures, ou impulsions, qui sont souvent associées à un paradigme techno-économique naissant.

marché pour une fonction donnée dans un produit non modifié en vue d'en augmenter les performances et/ou d'en diminuer les coûts. Le terme "produit" s'applique, ici, à tous les biens économiques, qu'ils soient de nature matérielle ou immatérielle (par exemple les services). Ensuite, les innovations de procédés qui portent sur les novations créées dans le processus de production à l'intérieur de l'entreprise (amélioration dans l'instrumentation ou dans les méthodes de production). Tandis que l'innovation de produit concerne le résultat commercialisable des processus de fabrication, l'innovation de procédés concerne, précisément, le processus même de fabrication. Enfin, on désigne par innovations sociales les changements opérés dans le domaine humain et organisationnel de la production. D'une part, ils se rapportent à l'individu (mesure de développement personnel) et à la structure des rapports entre les individus (par exemple, les mesures favorisant la communication des informations). D'autre part, ils se rapportent aux réorganisations des fonctions internes (développement, production, distribution) et externes de l'entreprise (gestion des ressources extérieures) en vue d'accroître l'efficacité, d'améliorer le soutien d'un produit ou encore d'en diminuer les coûts.

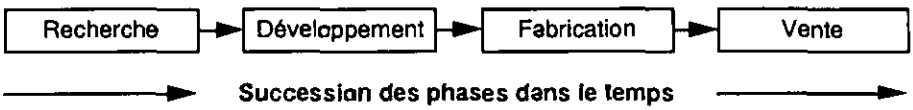
Certes, ces quelques remarques n'offrent qu'une vision rudimentaire de l'innovation. Encore faut-il en préciser le processus. En effet, en la différenciant de l'invention, on a montré précédemment que l'innovation doit être appréhendée comme un processus constitué de plusieurs phases. A cet égard, de nombreuses tentatives ont été effectuées en vue d'imposer une modélisation conceptuelle du processus d'innovation ayant pour objet de mieux comprendre ce dernier et de procurer une base fiable pour la formulation de politiques. Malheureusement, ces tentatives, émanant souvent

d'ingénieurs, se fondent sur une représentation erronée de l'innovation en la décrivant comme un processus linéaire.

1.2 Le modèle linéaire

Généralement acceptée depuis la Seconde Guerre mondiale, l'image traditionnelle de l'innovation dans l'industrie est celle d'un processus linéaire. Dépourvu de toute rétroaction, ce processus correspond à une succession, bien ordonnée et complétement dissociée dans le temps, des phases de recherche, de développement, de fabrication et de vente des produits de l'innovation (**Figure 1**).

Figure 1: le modèle linéaire de l'innovation: de la recherche à la production



Selon ce schéma, l'innovation est décrite comme l'aboutissement d'une "course de relais" (PAILLOTIN, 1993). Les scientifiques passent le témoin (leurs découvertes) au service d'étude et de développement, celui-ci à l'ingénieur de production, la production au marketing, le marketing au service commercial qui peut alors entrer en contact avec le client, considéré dans ce schéma comme passif. Dans ce modèle linéaire, la place de chacun est bien définie et se confond avec l'exercice d'un métier unidimensionnel. Les laboratoires académiques limitent leur activité à la production de connaissances. Les organismes de recherche

appliquée ou les centres de recherche industrielle utilisent ces connaissances pour produire des inventions. Celles-ci sont transformées en produits ou en processus de production par les entreprises. Les innovations sont ensuite distribuées et commercialisées, avant d'être consommées par des clients.

Bien que couramment invoquée, notamment dans les discours politiques, cette image simpliste repose, en fait, sur une vision erronée de la véritable nature de l'innovation. De manière implicite, elle entraîne, par ailleurs, de profondes distorsions de la réalité industrielle et ce, à plusieurs niveaux (KLINE et ROSENBERG, 1986; GAFFARD, 1989, 1990).

Tout d'abord, elle suppose que la recherche (considérée ici comme l'étape initiale et indispensable de toute innovation) précède et est complètement dissociée de la production qui, elle-même, précède et est complètement dissociée de la vente. Elle suppose donc une division et une spécialisation des tâches entre celles qui sont du ressort de la R&D, celles qui sont du ressort de la production proprement dite et celles qui sont du ressort de la vente.

Elle suppose, ensuite, que l'innovation n'est rien d'autre qu'un processus d'adoption et de diffusion de nouveaux produits ou de nouveaux procédés préalablement conçus et développés dans le cadre d'entités spécifiques indépendantes ou quasi indépendantes des entités productives proprement dites, qu'il s'agisse des laboratoires de R&D, des départements d'ingénierie ou encore de firmes spécialisées.

Elle suppose, enfin, que la relation entre la firme innovatrice et son marché consiste, essentiellement, à faire accepter à une demande

qui lui est complétement extérieure, soit le produit nouveau, soit une plus grande quantité d'un produit existant désormais fabriqué à un coût unitaire plus faible.

Un tel ordonnancement exclut d'emblée toute rétroaction au sein du processus d'innovation: on part de la recherche, on développe, on produit et on vend, tout cela, de façon quasi mécanique. L'observation de la pratique des entreprises, comme les travaux les plus récents de la sociologie de l'innovation[4] montrent, pourtant, que ce n'est que dans un monde idéal de connaissance parfaite et universelle des techniques et des marchés, que l'on pourrait, éventuellement, concevoir l'innovation comme le résultat d'un processus linéaire et mécanique tel qu'il est envisagé par cette conception traditionnelle. Dans la réalité, caractérisée par une information imparfaite, une incertitude élevée et des ressources humaines soumises à l'erreur, rien de tel n'est observable. Les essais, les erreurs et les échecs font partie intégrante du processus d'apprentissage à la base de toute innovation (LUNDVALL, 1988). Les

4 Ces travaux remettent en cause le déterminisme technologique qui a prévalu -et qui prévaut encore parfois- dans l'analyse de l'innovation. Ils contestent avec vigueur, en particulier, le caractère séquentiel et indifférencié de l'innovation dans le temps et dans l'espace, de même qu'ils réfutent la vision selon laquelle l'innovation technologique n'a aucune racine sociale, tout au plus des impacts sociaux dont il faut s'accommoder après-coup. Lire à ce sujet les quatre principaux courants de recherche scientifique issu du Social Shaping of Technology (SST). Il s'agit tout d'abord de la Sociologie de la Connaissance Scientifique, représentée par Pinch et Bijker (1984), Latour (1983, 1986) puis, plus récemment, Woolgar (1991) ou Pickering (1992). Le second pilier du SST se constitue de la Sociologie des Organisations Industrielles, notamment basée sur les travaux de Noble (1979), Wilkinson (1983) ou encore Webster (1990). Enfin, les études sur la Politique Technologique et, surtout, l'Economie du Changement Technique, chère à Dosi (1982), Nelson et Winter (1977, 1982) ou Saviotti et Metcalfe (1991) représentent les deux autres creusets scientifiques du SST. Une présentation détaillée des différentes sources du SST figure, par ailleurs, dans Edge et Williams (1992, p. 4-14).

relations en retour entre tous les différents stades du processus sont essentielles à la formulation des étapes ultérieures, à l'évaluation des performances, ainsi que, in fine, à l'adéquation de l'offre et de la demande.

Si l'entreprise est bien l'agent qui cristallise l'innovation, celle-ci résulte d'un ensemble d'interactions entre des acteurs nombreux et diversifiés: les grands groupes industriels, les PME, les centres techniques, les laboratoires publics de recherche, les financiers, les fournisseurs, les sous-traitants, les clients, les syndicats et les pouvoirs publics. Pour reprendre l'image "sportive" de l'innovation, plutôt que de course de relais, il convient d'évoquer ces sports d'équipe où se multiplient les allers et retours entre maints joueurs, tous spécialisés mais tous solidaires (PAILLOTIN, 1993).

Un autre problème, sous-jacent au modèle linéaire, provient du fait que le processus central de l'innovation ne découle pas de la recherche pure ou de la science mais de la conception[5].

Bien sûr, il est de notoriété que les interactions entre science et innovation dans le monde moderne sont très fortes. Mais cela ne doit, toutefois, pas conduire à accepter le précepte selon lequel l'innovation n'est, finalement, que de la recherche appliquée. C'est la conception qui est à la base de toute innovation. De même, et pour les raisons évoquées précédemment concernant la nécessité de

5 La conception consiste, à partir de connaissances accumulées, à combiner divers arrangements de composants en vue de réaliser, soit de nouveaux produits, soit d'anciens produits de manière plus efficace et à des coûts moindres. Source la plus commune de l'innovation, la conception est différente de l'invention. Alors que cette dernière marque une coupure nette avec les pratiques antérieures, la conception repose essentiellement sur les connaissances existantes et disponibles.

multiples rétroactions, la "re-conception" est essentielle pour le succès technique et commercial final de toute innovation.

Dans bien des cas, l'observation montre que la conception précède la science et la recherche. En effet, au cours de l'histoire, on observe souvent que les progrés de la science dépendent plus de produits et de procédés que l'innovation reléve de la science (KLINE et ROSENBERG, 1986). Ainsi par exemple, la plupart des recherches et développements réalisés dans le domaine des nouveaux matériaux découlent, en ligne directe, des problémes rencontrés dans la fabrication de nombreux produits comme les machines, les appareils médicaux, les avions, les semiconducteurs ou encore les micro-ordinateurs.

Même lorsque la science est déficiente, ou totalement inexistante, d'importantes innovations peuvent voir le jour. Récemment, un membre de la National Academy of Engineering (Washington DC), spécialisé dans les phénoménes de dynamique et de contrôle, a tenté de formaliser l'équilibre dynamique d'un cycliste et a échoué. Aujourd'hui encore, aucun modéle analytique satisfaisant n'est connu. Cette lacune théorique n'a pourtant pas empéché l'invention du vélo un siécle en arriére. Elle n'a non plus pas empêché toute une série d'améliorations successives dans la conception des cycles qui, cumulativement, ont abouti à la réalisation d'une machine, fort utile au demeurant, et relativement bon marché. De méme, l'absence de compréhension théorique quant à l'équilibre du systéme homme-machine n'empéche pas qu'un enfant de cinq ans, aprés quelques tentatives, parvienne à se stabiliser sur son vélo. Si l'idée selon laquelle la science est à l'origine de l'innovation était fondée, on n'aurait, alors, pas encore inventé le vélo!

Ainsi, il faut reconnaître, non seulement, que l'innovation précède et tire bien des fois la science, mais également que les problémes rencontrés tout au long du processus d'innovation peuvent forcer la création d'une science adéquate capable d'apporter des solutions appropriées.

La science n'est en aucun cas négligeable, mais ce dont il faut être conscient, c'est que la plupart des innovations sont réalisées, en premier lieu, à partir des connaissances disponibles et utilisables par les innovateurs, en second lieu, et dans une moindre mesure, grâce à l'accessibilité rapide et directe à d'autres sources d'informations. Ce n'est que quand ces sources d'informations et de connaissances font défaut en vue de résoudre un probléme qu'il y a véritablement besoin de faire appel à la recherche en vue d'apporter de nouvelles solutions.

La notion selon laquelle l'innovation découle de la recherche est donc fausse la plupart du temps (KLINE et ROSENBERG, 1986). Bien sûr, on peut toujours recenser quelques cas où la recherche constitue, effectivement, l'élément déclencheur de l'innovation et, sans conteste, ceux-ci sont souvent importants. A cet égard, on peut citer le cas récent d'innovations révolutionnaires telles que les semiconducteurs, le laser ou le génie génétique. Mais même dans ces cas-là, l'innovation a dû passer par une succession interconnectée de phases de conception et de production et a dû être couplée aux besoins et exigences du marché en vue de son achèvement.

En résumé, le modéle linéaire néglige le rôle prépondérant que jouent les effets de rétroaction via les phénoménes d'apprentissage tout au long du processus d'innovation. Il attribue une importance exagérée à la science et à la recherche au détriment de la conception. Enfin, il omet l'influence du marché et des utilisateurs dans la spécification et

la conception des produits. Par conséquent, si l'on veut comprendre la véritable nature de l'innovation, on n'a pas d'autre choix que de rejeter le modèle linéaire. Toutefois, comme Kuhn (1967) l'a mentionné, il faut prendre garde de ne pas abandonner un modèle pour réfléchir à une situation complexe tant que l'on n'a pas un meilleur modèle à proposer. Très bien, mais que doit-on alors mettre à sa place?

Kline et Rosenberg (1986) se sont posé cette question et y ont répondu en proposant un nouveau modèle de l'innovation: le modèle dit de "liaison en chaîne".

1.3 Le modèle de liaison en chaîne

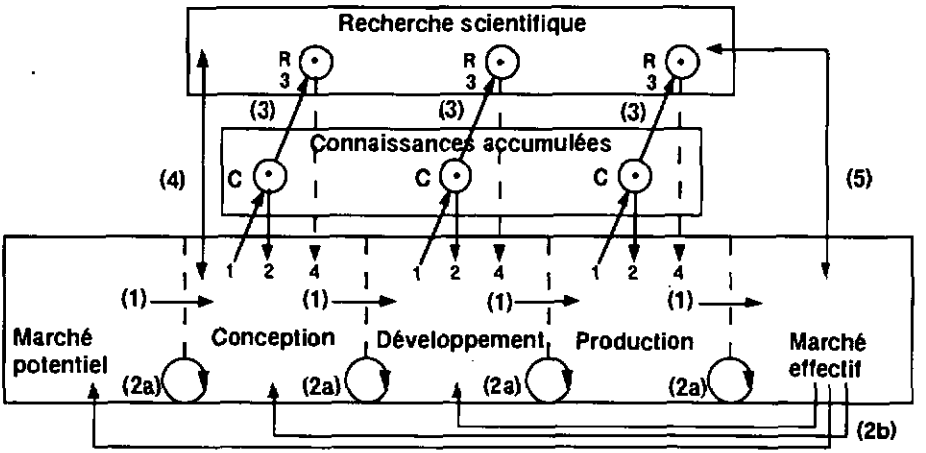
Le modèle traditionnel, suivant lequel l'innovation procède linéairement de la recherche scientifique au développement, du développement à la production et de la production au marketing, laisse la place à un modèle plus réaliste. Développé par Kline et Rosenberg (1986), ce nouveau modèle met en particulier l'accent sur deux aspects fondamentaux de l'innovation. D'une part, les rétroactions existantes entre les phases en aval et les phases en amont du modèle linéaire. D'autre part, l'interaction entre la science et le processus d'innovation proprement dit dans chacune des phases de celui-ci, depuis la conception jusqu'au marketing (**Figure 2**).

Ce modèle de liaison en chaîne ("chain-link model") se présente comme un ensemble de cinq sentiers d'activités, et non un seul comme dans le modèle linéaire.

Le premier sentier constitue la chaîne centrale de l'innovation (**1**). Il commence par le marché

potentiel, puis la conception et se poursuit avec le développement, la "re-conception" et la production pour aboutir à la commercialisation (marché effectif).

Figure 2: le modèle de llaleon en chaîne



Source: KLINE et ROSENBERG, 1986

(1)	:	chaîne centrale de l'innovation
(2a)	:	rétroactions courtes
(2b)	:	rétroactions longues
(3)	:	liens en chaîne entre la recherche, les connaissances accumulées et l'innovation
(4)	:	lien direct entre la recherche et l'innovation
(5)	:	lien direct entre le produit de l'innovation et la recherche

Le deuxième sentier consiste en une série de relations en retour qui sont de deux types. D'une part, les boucles en retour courtes (2a) reliant

chaque phase de la chaîne centrale avec celle qui la précéde immédiatement (la commercialisation à la production, la production au développement, le développement à la conception, la conception au marché potentiel). D'autre part, les boucles en retour longues (**2b**) reliant les besoins perçus sur le marché et les utilisateurs du produit aux différentes phases en amont. L'ensemble de ces rétroactions (**2a**) et (**2b**) font partie intégrante du processus d'innovation, de la conception à la vente via le développement, la re-conception et la production. Elles assurent la connexion entre le marché (besoins et exigences des utilisateurs) et le produit (fonctions et propriétés requises) et permettent les améliorations successives nécessaires tout au long du processus.

Le troisième sentier porte sur le lien en chaîne entre l'innovation et la science (**3**), cette dernière étant entendue ici au sens large du terme (connaissance et recherche). Cette liaison en cascades mérite que l'on s'y arrête quelques instants. Tout d'abord, il convient de préciser que la science est présentée, ici, sous ses deux principales composantes qui affectent l'innovation. D'une part, l'ensemble des connaissances accumulées au long des siécles et, d'autre part, la recherche proprement dite qui, chaque année, apporte de nouvelles connaissances à la somme déjà constituée. On constate, ensuite, et au contraire du modéle linéaire, que la relation entre science et innovation ne se situe pas seulement au début du processus d'innovation, mais est présente tout au long de la chaîne centrale. De plus, cette relation n'est pas à sens unique. Non seulement, il est fait appel au stock de connaissances accumulées à tous les stades de développement, mais les activités de développement contribuent également en retour à l'accumulation du stock de connaissances. Enfin, l'appel à la science se fait en deux temps, correspondant aux deux aspects de la science

définis précédemment. Dans un premier temps, lorsque l'on est confronté à un problème quelconque en matiére d'innovation, on fait d'abord appel à la science connue, c'est-à-dire aux connaissances accumulées, et ce tout au long du processus (liens **1-C-2**). Ce n'est que quand les connaissances sont insuffisantes ou inexistantes que l'on fait, dans un second temps, appel à la recherche proprement dite (liens **3-R-4**).

Le quatrième sentier concerne le lien direct entre la recherche et l'innovation (**4**) qui fait qu'une nouvelle avancée scientifique rend parfois possible des innovations radicales. Ces derniéres sont relativement rares mais elles constituent, souvent, d'importants changements à l'origine de la création de nouvelles industries (de récents exemples concernent les semiconducteurs, les lasers ou le génie génétique).

Enfin le cinquiéme sentier concerne la relation en retour de l'innovation, ou plus précisément des produits de l'innovation, sur la science (**5**). Cette relation illustre le fait que les produits de l'innovation, tels que de nouveaux instruments, de nouvelles machines, de nouveaux procédés de fabrication, sont utilisés dans bien des cas par et pour la recherche scientifique. A titre d'exemple, sans le microscope, le travail de Pasteur n'aurait pu être réalisé, et sans ce dernier il n'y aurait pas de médecine moderne.

Bien qu'il procure un progrés considérable par rapport à l'approche traditionnelle, le modéle de liaison en chaîne présenté ici n'est que la pointe de l'iceberg que constitue l'innovation. Il omet bien des détails ainsi que la riche variété de l'ensemble des processus d'innovation dans le monde moderne

actuels. Ce modéle semble cependant suffisant pour mettre en lumiére quelques premiéres conclusions.

Tout d'abord, il indique que toute approche des aspects techniques de l'innovation suggérant un unique chemin de l'innovation où la science jouerait le rôle central est trop simpliste et entraîne une vision erronée de la véritable nature du processus de l'innovation. En effet, les remarques précédentes ont montré que ce processus est complexe et qu'il ne peut être réduit au traditionnel "modèle linéaire". Ce dernier, en présentant le processus d'innovation comme une succession d'étapes bien séparées: la découverte (scientifique), l'innovation (technique), la production et enfin la mise sur le marché, se fonde sur la logique du "technology push" inacceptable en regard de la réalité économique et industrielle actuelle. A l'opposé, le modéle de "liaison en chaîne" insiste sur les rétroactions entre ces étapes (de l'aval vers l'amont) et sur la nécessaire présence, dés la conception, des contraintes perçues du marché. L'activité d'innovation met ainsi à contribution non seulement les ressources humaines du service de recherche et développement, mais aussi celles de la production et de la vente. Ce n'est plus seulement le savoir scientifique, codifié, qui a voix au chapitre, mais aussi le savoir pratique, issu de l'expérience directe des producteurs (connaissance des contraintes de production) et des vendeurs (appréciation des

6 L'extréme diversité des processus d'innovation que l'on peut rencontrer dans l'économie actuelle implique la reconnaissance explicite de l'existence de plusieurs "boîtes noires" plutôt qu'une seule. Cette reconnaissance est importante pour trois raisons. Tout d'abord, la nature des problémes et contraintes de marché euxquels sont confrontés les innovateurs et le meniére dont ils sont générés diffèrent significativement d'une industrie é l'eutre. Ensulte, l'étet des connaissances dans les sciences et technologies respectives verient d'une industrie à l'autre et d'une firme é l'eutre. Enfin, la neture et le profitebilité potentielle de l'extrant de le boîte noire différe, elle eussi, énormément d'une industrie à l'autre (KLINE et ROSENBERG, 1986).

attentes précises du marché). Le savoir scientifique est mobilisé à toutes les étapes de la chaîne (conception, développement, production) et pas seulement à l'étape initiale. De plus, une recherche scientifique n'est entreprise que dans le cas où le savoir existant ne suffit pas pour mener à bien l'opération. Dans cette perspective, la recherche non seulement n'est pas le point de départ, mais elle est même facultative. Le pivot de la chaîne est l'étape de conception, qui aboutit à un projet global de produit nouveau répondant à des besoins et exigences supposés du marché. L'innovation est conçue dans ce cadre comme une fonction de l'ensemble de l'entreprise, intervenant à toutes les étapes et concernant une grande partie du personnel.

Le modèle de liaison en chaîne montre, ensuite, que l'innovation apparaît fondamentalement comme un processus d'apprentissage, c'est-à-dire d'élargissement et d'enrichissement des compétences tout au long de ses différentes phases, en vue d'engendrer de nouvelles solutions. En effet, l'expérience des entreprises montre que le perfectionnement comme l'assimilation des savoir-faire techniques et de marché résultent d'un processus d'apprentissage qui s'acquiert dans la pratique (learning-by-doing) et s'enrichit dans l'interaction (learning-by-interacting) (LUNDVALL, 1988). L'apprentissage par la pratique peut reposer sur différents mécanismes. Le premier concerne le perfectionnement individuel qui naît de l'habitude d'opérer et d'une réflexion prolongée sur un même problème. L'apprentissage a aussi une dimension collective: l'organisation optimale du collectif de travail est rarement connue a priori lorsque les méthodes de production changent. Seul un processus itératif de tâtonnements validés par la pratique permet de progresser dans ce sens. Enfin, les outils eux-mêmes peuvent être perfectionnés, adaptés dans l'atelier (en fonction de besoins

souvent trés spécifiques peu ou mal pris en compte par les constructeurs de machines standardisées), en fonction de leur insertion dans un processus de production particulier. Les ingénieurs de production, techniciens et ouvriers qualifiés, au fait des multiples problémes ponctuels que pose la mise en oeuvre des techniques dans des usages et des contextes précis, peuvent seuls trouver des solutions adaptées. L'apprentissage peut aussi provenir des interactions entre agents: la connaissance mutuelle (issue de contacts prolongés) et la densité des échanges d'information entre producteurs (concepteurs) et utilisateurs de machines ou de biens intermédiaires ont de multiples effets. Elles permettent une meilleure prise en compte des besoins des utilisateurs dans la définition des matériels, et une meilleure connaissance de ceux-ci par les utilisateurs qui en feront ainsi un usage plus efficace. Ce méme mécanisme peut fonctionner à l'intérieur de la firme, impliquant alors les relations entre départements.

Le modéle de liaison en chaîne montre, enfin, que les boucles de rétroactions sont indissociables d'un tel processus. Ces boucles en retour, avec les réponses appropriées, permettent les ajustements requis tout au long du processus. Une telle imbrication des différentes phases a pour avantages un développement plus rapide, une flexibilité accrue et un partage systématique de l'information qui sont désormais au centre du phénoméne de l'innovation. Dans un tel contexte, la distinction entre innovation majeure et innovation mineure a perdu de son sens, alors que l'analyse concréte des relations entre les différents acteurs d'un processus dont toutes les phases sont étroitement imbriquées, autrement dit l'analyse de la constitution et du fonctionnement en réseau, devient essentielle pour la compréhension du phénoméne de l'innovation (IMAI et BABA, 1989).

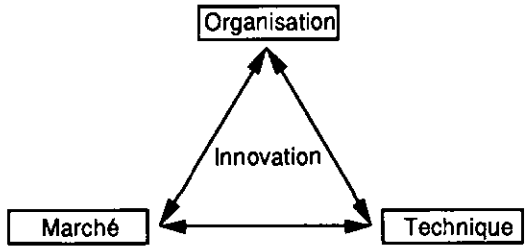
Les grands traits de caractére du processus de l'innovation ayant été présentés, il s'agit désormais de voir plus précisément quels sont les incidences d'un tel processus sur l'organisation des relations entre les différents acteurs des fonctions internes (R&D, production, commercialisation) et externes (relations entre la firme et son environnement) de l'entreprise innovatrice. En l'occurrence, l'identification des principales contraintes qui caractérisent le processus d'innovation dont le modéle vient d'être présenté doit permettre de comprendre quelle est l'origine de la supériorité de certaines formes d'organisation lorsqu'elles répondent à une demande de flexibilité de la part des entreprises.

2 L'innovation: un processus sous contraintes

Selon le modéle de liaison en chaîne, l'innovation apparaît fondamentalement comme un processus sous contraintes. L'innovation est, en effet, soumise à trois séries distinctes de forces qui interagissent de maniére complexe et souvent imprévisible. Tout d'abord, les forces du marché (modifications des besoins et exigences, des revenus, des prix relatifs, de la démographie, etc.) qui ont pour effet de modifier continuellement les opportunités commerciales pour des catégories spécifiques d'innovations. Ensuite, les forces du progrés technique et scientifique qui offrent des possibilités accrues de réaliser de nouveaux produits ou d'améliorer les performances de produits existant ou encore de produire ceux-ci de maniére plus efficace à des coûts moindres. Enfin, les forces d'organisation (intra- et inter-firmes) dont la configuration doit faciliter la transmission des informations ainsi que l'accés aux ressources nécessaires à l'innovation. En effet, la réussite de

l'innovation n'implique pas seulement la capacité de faire converger des potentialités et des ressources utiles à un moment donné (par exemple des ressources informationnelles scientifiques et techniques lors des étapes initiales du processus), mais elle implique également la capacité de faire évoluer l'organisation interne de l'entreprise innovante et les sources (externes) d'intrants en fonction des nouvelles combinaisons de facteurs (informationnels, humains, matériels) qui se différencient d'étape en étape (**Figure 3**).

Figure 3: le triogie des déterminants de l'innovation



L'innovation réussie est ainsi tributaire de trois forces concomitantes: le commercial (existence d'un marché potentiel favorable), le technique (maîtrise des techniques appropriées) et l'organisationnel (mise en place d'une organisation adéquate). Qu'elles soient appréhendées individuellement ou collectivement, ces forces rendent le processus d'innovation fondamentalement incertain. Par ailleurs, plus les changements introduits sont grands et plus l'incertitude sera grande, non seulement en ce qui concerne les aspects techniques mais également les réponses du marché et la capacité de l'organisation de la firme à effectuer les ajustements

requis. Ce qu'il faut garder à l'esprit c'est que ces trois forces sont indissociables du processus d'innovation. De sorte, elles doivent être appréhendées simultanément lors de toute démarche d'innovation.

2.1 Les contraintes techniques et de marché

Une première erreur consiste à ne prendre en considération que l'aspect technique de l'innovation. D'un point de vue purement technique, il est en effet possible de confiner l'analyse de l'innovation exclusivement à certains types de critères de performance. Si l'on est indifférent à des considérations en terme de coûts, on pourrait par exemple trouver de nombreuses alternatives techniques permettant l'amélioration de la vitesse d'un avion, ou de la durabilité d'une voiture ou encore de la pureté d'une substance chimique. Mais le succès technique ne constitue qu'une condition nécessaire mais non suffisante à la réussite économique d'une innovation. Ainsi, une préoccupation axée excessivement, voire même exclusivement, sur une mesure des performances techniques peut s'avérer désastreuse du point de vue économique (KLINE et ROSENBERG, 1986).

L'industrie aéronautique offre un exemple illustrant comment des préoccupations portant sur des performances purement techniques peuvent aboutir à un désastre commercial. A cet égard, le Concorde, qui constitue sans conteste une véritable prouesse technique, est un échec commercial cuisant. Bien qu'il puisse traverser l'Atlantique en environ la moitié de temps nécessaire à un Boeing 747, le coût du carburant par passager est au moins quinze fois supérieur. Ceci, pour montrer les fortes

imbrications entre technologie et économie dans le processus d'innovation.

Cet exemple entend également montrer certaines causes d'échec lorsque l'on juge par des critères erronés l'impact de l'innovation. Les utilisateurs potentiels des transports aériens peuvent ne pas attacher une importance suffisamment grande aux performances supérieures offertes par une technologie sophistiquée. Ainsi, le nombre de personnes disposées à payer une prime de plusieurs centaines de francs pour raccourcir un vol transatlantique de quelques heures est relativement faible.

Une autre erreur consiste à poser l'équation selon laquelle les innovations économiquement importantes sont corrélées à des technologies sophistiquées. L'une des plus significatives améliorations de la productivité dans le secteur des transports depuis la Seconde Guerre mondiale est dérivée d'une innovation dont la simplicité technologique est embarrassante: les containers. Bien qu'elle apporte des réductions substantielles dans les coûts, cette innovation particulière nécessite de simples modifications dans l'aménagement des bateaux et dans les équipements des quais. La principale barrière fut la résistance des syndicats. Cette forme particulière de barrière à l'innovation illustre un autre aspect de l'innovation. Les contraintes sous-jacentes à l'innovation ne sont pas d'ordre purement technique, elles sont une combinaison de technique et de social.

Ces exemples font ressortir au moins deux enseignements fondamentaux en matière d'innovation. Le premier, c'est que les sophistications technologiques ne sont pas intrinséquement valorisées sur le marché. En d'autres termes, la sophistication technologique ne

constitue pas un gage de réussite commerciale. Pour qu'une amélioration technique soit susceptible d'avoir un impact économiquement significatif, elle doit alors combiner un ensemble de déterminants correspondant aux besoins et goûts des utilisateurs potentiels et doit être accomplie en tenant compte de contraintes de coûts, de législation, de normes en vigueur ainsi que de l'avis des principaux partenaires sociaux (par exemple les syndicats). En ce sens, l'innovation ne peut en aucun cas être imposée, elle doit être négociée (EDGE et WILLIAMS, 1991)! Le second enseignement, c'est qu'on ne devrait plus perdre son temps à des innovations tant que l'on a pas un écho favorable du marché[7]! A cet égard, il est intéressant de rappeler qu'une majorité d'inventions n'ont jamais été commercialisées, comme il est intéressant de noter que bien des innovations réussies ont été initiées par la perception des besoins du marché et que peu sont le fait d'opportunités exclusivement techniques (TUSHMAN et MOORE, 1982). Parallèlement, de nombreuses opportunités en terme de marché ne peuvent être réalisées parce qu'elles nécessitent des connaissances et des infrastructures techniques inexistantes actuellement. Ainsi, les besoins d'un marché potentiel ne peuvent être satisfaits que si les problèmes techniques peuvent être résolus et inversement, une innovation technique ne peut aboutir que si elle correspond à une utilité en terme de marché.

De ce rapide survol, on retiendra que l'innovation s'appuie bien sur un développement technique, mais qu'elle n'est pas la résultante mécanique du

7 Thomas Edison, cet innovateur par excellence, prit cette résolution à la suite d'un échec cuisant de l'une de ses inventions: il réalisa un appareil permettant le comptage automatique des voix au Congrès et lorsqu'il présenta son invention, les principaux intéressés, c'est-à-dire les députés, lui apprirent que c'était là bien la dernière chose qu'ils souhaitaient (KLINE et ROSENBERG, 1986)!

progrés technique. L'incorporation de la technique dans la vie économique requiert des investissements spécifiques, une appréciation des attentes du marché, mais aussi une adaptation de l'organisation des entreprises. En effet, la satisfaction simultanée des besoins techniques et des contraintes de marché suppose, au préalable, une configuration de l'organisation des firmes en mesure de faciliter l'accés et la transmission des informations nécessaires. Elle suppose une participation des entreprises à des réseaux[8] où se déroule un jeu complexe dans lequel la technologie se crée, se diffuse et est appropriée (FREEMAN, 1991).

2.2 Les contraintes organisationnelles

L'incertitude liée à tout projet d'innovation a une conséquence sur l'organisation des relations entre les différents partenaires. L'incertitude liée à l'innovation incite les entreprises à se regrouper pour des projets d'innovation afin d'en partager les coûts et les risques (CAMAGNI, 1991). C'est ainsi que se créent des réseaux de firmes investissant dans des recherches communes, ou même des laboratoires communs (tel le centre de recherche de Munich que se partagent les grandes firmes européennes d'informatique).

Quelle est la cause du développement de ces alliances et de ces formes mixtes? Il est certain, désormais, qu'il ne s'agit pas d'un phénoméne simplement conjoncturel lié à une situation

8 De récentes études théoriques et empiriques (MAILLAT et el., 1993b) ont montré que c'est la dynamique du milieu d'insertion des entreprises qui génére des opportunités d'innovetion et qui favorise la mise en placa de réseaux de production at d'innovation antre antreprises. Ce cerectére "territorialisé" de l'innovation sera abordé de manière détaillée dans le Chepitre 5.

économique difficile, mais que l'on assiste à un mouvement plus profond destiné à s'amplifier (CALLON, 1992). Le développement d'une nouvelle forme d'organisation du processus d'innovation s'effectue par la multiplication des flux et des aller-retour entre toutes les composantes de la dynamique économique. On parlera ici de réseaux d'innovations[9] pour insister sur le fait que ce processus suppose l'existence de liens directs entre les multiples acteurs de l'innovation (FREEMAN, 1991). L'entreprise est bien sûr toujours l'acteur qui cristallise l'innovation, mais celle-ci ne peut se faire avec l'entreprise seule. Elle est le résultat d'un ensemble d'interactions entre des agents nombreux et diversifiés.

La pertinence d'une analyse en termes de réseaux d'innovation est affirmée par le modèle de liaison en chaîne. Ce dernier, en mettant en évidence les principaux flux, fait apparaître implicitement la multiplicité des "sources" internes et externes de l'innovation. L'ensemble de l'entreprise -recherche et développement interne, mais également techniciens, agents de production, services des achats, services des ventes, etc.- doit être en mesure d'absorber les savoirs et les technologies qui naissent de ces interactions. Par ailleurs, les sous-traitants, les fournisseurs, les clients, les laboratoires de recherche, les pouvoir publics, etc. participent également à ce processus.

En ce sens, l'innovation n'est plus exclusivement centrée sur l'entreprise. En tant que processus, elle

9 La problématique liée aux réseaux d'innovation n'est pas récente. Dans les années soixante déjà, de nombreuses études empiriques ont montré le rôle des sources externes (scientifiques, techniques et informations de marché) en matière d'innovation (SOLO, 1954; WOODWARD, 1965; JOHNSON, 1973). Toutefois, à partir des années quatre-vingts et en réponse aux nouvelles technologies, on assiste à la mise en place de nouveaux types de réseaux formels et informels dans les milieux industriels. Lire à ce sujet l'article de Freeman (1991).

fait intervenir de multiples acteurs qui s'inscrivent fréquemment, mais pas nécessairement, dans des cadres organisationnels ou institutionnels distincts. D'un point de vue empirique, ce constat souligne l'importance grandissante de collaborations, dont certaines sont informelles, entre des acteurs qui étaient peu habitués, jusqu'ici, aux collaborations. Ces collaborations découlent de cinq évolutions observables (CALLON, 1992).

La première concerne l'implication de plus en plus forte des utilisateurs dans le processus de conception de produits. Pour assurer l'adaptation fine entre le bien disponible sur le marché et le consommateur qui se le procure, l'intégration plus forte de ce dernier est une solution qui se généralise. Celle-ci ne va pas de soi et suppose l'invention de nouvelles formes d'organisation. La notion de "lead user", qui désigne dans la population des adopteurs potentiels le sous-ensemble de ceux qui anticipent le mieux les évolutions futures, est tout à fait exemplaire (VON HIPPEL, 1976). De nombreux travaux présentent la diversité des procédures imaginées pour lier conception des produits et expression des attentes du client: le mot "prosumer" est employé par certains pour attribuer un nom à cette nouvelle réalité. Cette évolution s'est accompagnée d'une transformation des systémes de production qui gagnent en flexibilité: on parle à ce propos d'économie de variété ou de "sur-mesure-de-masse" (CHANDLER, 1993). L'organisation de l'atelier tendue vers la mise en harmonie de la qualité des produits et des demandes des utilisateurs est une autre conséquence.

Dans les activités industrielles, la recherche systématique de la qualité qui consiste à proposer une amélioration générale et absolue de toutes les caractéristiques qui font qu'un produit est demandé, le développement de modes de production qui

rendent possible la réponse à des demandes différenciées, la recherche de l'élimination de stocks à tous les stades de l'activité productive, sont autant d'éléments qui témoignent d'une dépendance de plus en plus forte des firmes vis-à-vis de leurs clients, qu'il s'agisse d'utilisateurs finals ou d'autres firmes, mais également vis-à-vis des fournisseurs. La demande tend à devenir un intrant à part entière du processus de production, puisque le client prend part, plus ou moins directement, à la spécification et à la conception du produit requis et/ou à la recherche de la solution d'un problème productif, quand ce n'est pas à la définition de celui-ci. Dans ces conditions, l'image d'un processus de production qui consiste à mettre en oeuvre une capacité productive préexistante pour satisfaire une demande donnée de l'extérieur disparaît pour laisser la place à celle d'une activité de recherche et de coordination d'intrants spécifiques qui, assemblés suivant différentes maniéres, donnent des produits avec des spécifications variables correspondant aux besoins particuliers de clients spécifiques (GAFFARD,1989).

La seconde évolution est celle qui voit se multiplier les accords de collaboration, explicites ou non, entre entreprises parfois concurrentes, et notamment les alliances technologiques, dont les modalités sont multiples mais dont le nombre et l'intensité semblent grandissants. Ces collaborations permettent l'assemblage de technologies génériques différentes qu'une entreprise seule n'a pas les moyens de contrôler, et répartissent entre les firmes les coûts et les risques des projets de développement. Elles envahissent les rapports de sous-traitance qui s'effacent devant la cotraitance, dans laquelle le fournisseur dispose de la même capacité d'initiative et de propositions que le maître d'oeuvre.

La troisième concerne le fait que les relations de collaboration entre la recherche publique et l'industrie sont de plus en plus fréquentes. Les modalités de collaboration sont multiples et vont de la création d'unités de recherche mixtes jusqu'au simple échange d'informations, en passant par des contrats ou des transferts de personnels et d'équipements.

La quatriéme évolution atteint la recherche académique pour multiplier les collaborations entre laboratoires (partage d'instruments, programmes conjoints fondés sur une division du travail, réalisation de campagne d'enquêtes, etc.).

La cinquiéme évolution est sans doute une des plus visibles et des plus discutées. Du fait de la multiplicité des acteurs, l'innovation appelle une intervention de plus en plus coordonnée des pouvoirs publics, que ceux-ci soient régionaux, nationaux ou communautaires. Les pouvoirs publics multiplient les programmes technologiques qui ont pour objectif d'établir des collaborations tous azimuts, souvent au-delà des frontiéres nationales.

Cette montée en puissance des interrelations se traduit par la mise en réseaux des divers acteurs de l'innovation[10]. Ce mouvement atteint les entreprises qui s'efforcent d'encourager les connexions entre compétences et activités et de surmonter les cloisonnements entre fonctions. Il s'agit en l'occurrence d'éradiquer un double cloisonnement. D'une part, le cloisonnement entre fonctions à l'intérieur de la firme. D'autre part, les cloisonnements existants entre la firme et ses

10 Il existe plusieurs types de réseaux en fonction des objectifs visés (recherche et développement, transfert technologique, commercialisation). Lire à ce sujet la typologie de réseaux d'innovation proposée par Freeman (1991).

principaux "partenaires" (sous-traitants, fournisseurs, clients, etc.).

On peut convenir d'appeler réseau d'innovation ce collectif d'acteurs. Un réseau d'innovation se définit donc, ici, plus précisément comme un ensemble coordonné d'acteurs hétérogènes mais professionnels: laboratoires publics, centres de recherche technique, entreprises, organismes financiers, usagers et pouvoirs publics qui participent collectivement à la conception, à l'élaboration, à la production et à la diffusion de procédés de production, de biens et de services dont certains donnent lieu à une transaction marchande. Ils supposent l'existence de liens directs et non hiérarchisés entre tous les éléments qui les composent. Ce sont ces réseaux d'innovation, dont la structure et la composition sont mobiles dans le temps, qui sont les véritables acteurs de l'innovation; ils nouent tous les éléments qui contribuent à la dynamique économique de l'innovation.

L'observation de ces réseaux fait apparaître des acteurs dont les stratégies évoluent. Elles oscillent entre l'attachement (rester en liaison avec un réseau d'entreprises, de fournisseurs, de départements universitaires, de centres de recherches, etc.) et le détachement (être capable de sortir d'un réseau pour en édifier un autre ou pour s'intégrer à un autre). A l'attachement correspond la notion d'irréversibilité qui renvoie au concept de trajectoire technologique et d'innovation incrémentale et qui, lorsqu'elle est extrême, est synonyme de sclérose. Au détachement sont associées les notions de flexibilité, d'incertitude, de risque, d'innovation radicale (DOSI, 1982, 1984, 1988).

Quelques conséquences résultent de ce qui vient d'être dit. Au vu des remarques précédentes, il

apparaît clairement que la réussite de l'innovation dépend de l'organisation de l'entreprise dans laquelle elle s'insère. La synchronisation et la cohérence des différentes activités de l'entreprise deviennent aussi importantes que le volume et la qualité de chacune d'elles. La pertinence des stratégies ne dépend que de l'état du réseau. Dans certaines configurations, il faudra renforcer certains pôles et dans d'autres assurer des connexions. Le décloisonnement des différentes fonctions de l'entreprise, l'élimination des formes d'organisation trop verticales, la multiplication des groupes de projets, l'intégration du client et des fournisseurs dans le processus de conception des produits, le développement de la fonction de recherche interne, le partenariat avec d'autres entreprises ou avec des laboratoires publics, la veille technologique, sont autant d'éléments caractéristiques des modes d'organisation qui sont, aujourd'hui, les plus favorables à l'innovation.

Ainsi, le renforcement de la compétitivité des entreprises nécessite la poursuite de ces efforts et l'extension de ces nouvelles formes d'organisation à l'ensemble du tissu industriel. Cependant, la diversité des situations rend caduque l'idée d'un modèle unique de gestion des ressources technologiques. Elle incite, au contraire, à une diversité des démarches selon les secteurs, les produits, les marchés ou la taille des entreprises. Mais dans tous les cas, toutes les actions allant dans le sens d'une mobilisation de l'ensemble des secteurs de l'entreprise autour de la dynamique de l'innovation devront être encouragées.

Quels enseignements peut-on tirer des éléments théoriques présentés tout au long de ce chapitre? Tout d'abord, l'innovation doit être conçue comme un processus itératif constitué de différentes phases interreliées. Ensuite, il s'agit de prendre en compte, dés le départ et simultanément, les aspects

techniques et de marché de l'innovation. Enfin, l'innovation suppose la recherche d'une organisation appropriée des relations entre les multiples partenaires impliqués. En regard de ces éléments, le chapitre suivant entend mettre en lumière les pratiques des entreprises microtechniques de l'Arc jurassien et le rôle du milieu en matière d'innovation.

Chapitre 5

L'innovation dans l'Arc jurassien

A la lumiére des éléments théoriques développés dans le chapitre précédent apparaissent les grands traits de caractére de l'innovation. En regard de ces éléments, quelles sont les spécificités du district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien en matiére d'innovation? Afin de répondre à cette interrogation, ce chapitre est articulé en deux parties. La premiére dresse une typologie des entreprises microtechniques de l'Arc jurassien en fonction de leurs pratiques en matiére d'innovation. Sur la base de cette typologie, la seconde partie met en évidence les principales caractéristiques des processus d'innovation dans l'ensemble du district technologique. Pour ce faire, elle s'intéresse, en particulier, au rôle des facteurs territoriaux dans la constitution de réseaux d'innovation.

1 Les pratiques des entreprises en matière d'innovation

La présentation des pratiques poursuivies en matiére d'innovation par les entreprises repose sur les résultats obtenus par voie d'enquête auprés d'un échantillon significatif d'entreprises du district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien. Les lignes qui suivent présentent, tout d'abord, les principaux objectifs visés ainsi que les aspects méthodologiques de l'approche d'enquête retenue. On procédera, ensuite, à un rapide descriptif de l'échantillon d'entreprises interrogées ainsi qu'à la présentation du cadre d'analyse de l'enquête réalisée. Enfin, à partir des résultats obtenus par l'enquête, on dressera une typologie

des entreprises interrogées en fonction de leurs pratiques différenciées en matiére d'innovation.

1.1 Objectif et méthodologie d'enquête

L'objectif de l'enquête est d'identifier les pratiques poursuivies en matiére d'innovation par les entreprises microtechniques de l'Arc jurassien. Réalisée auprés d'un àchantillon d'entreprises du tissu industriel microtechniques de l'Arc jurassien, l'étude ne prétend pas être exhaustive. D'ambition plus modeste, elle vise essentiellement à mettre à jour au travers d'une analyse de cas la nature, le type et les modalités de réalisation des innovations entreprises dans l'Arc jurassien. En d'autres termes, l'enquête entend repérer les principaux cas de figure observables dans l'Arc jurassien en matiére d'innovation. La mise en évidence des principales caractéristiques des processus d'innovation dans le district technologique entend fournir aux acteurs microtechniques de la région des éléments de réflexion quant aux actions individuelles et collectives à entreprendre en vue d'améliorer leur capacité d'innovation et de renouvellement.

L'hypothése de départ et sous-jacente à l'enquête repose sur l'idée selon laquelle divers acteurs interviennent aux différentes étapes du processus d'innovation, de l'idée à la base de l'innovation jusqu'à la commercialisation finale. En d'autres termes, l'innovation n'est plus exclusivement centrée sur l'entreprise individuelle. En tant que processus, elle fait intervenir de multiples acteurs qui s'inscrivent fréquemment dans des cadres organisationnels ou institutionnels distincts. D'un point de vue empirique, ce constat souligne l'importance grandissante de collaborations entre ces divers acteurs. Ce sont ces collaborations que ce premier point entend notamment analyser et mettre en évidence.

Parmi les acteurs de l'innovation, les entreprises jouent un rôle central. L'innovation se concrétise par elles. Ce sont elles qui identifient les marchés, qui conçoivent les produits, qui les fabriquent et qui les vendent. Ce sont elles qui instaurent, le cas échéant, des collaborations avec des partenaires extérieurs (clients, fournisseurs, sous-traitants, bureaux de vente, centres de recherche). Dans ce contexte, l'approche d'enquête retenue est une approche de type micro-économique et organisationnelle. L'entreprise reste, en effet, toujours l'acteur qui cristallise l'innovation, c'est pourquoi l'enquête se doit de partir de la firme. Toutefois, l'innovation ne peut se faire avec l'entreprise seule. Comme l'a montré le chapitre précédent, l'innovation est le résultat d'un ensemble d'interactions entre de nombreux agents diversifiés (clients, fournisseurs, sous-traitants, centres de recherche, etc.).

L'information recherchée et traitée au travers de l'enquête concerne deux aspects complémentaires. D'une part, les contraintes techniques et de marché auxquelles sont confrontées les entreprises (celles-ci agissent, en effet, en fonction des opportunités ou contraintes qu'elles perçoivent en termes techniques et/ou de marchés. Ces perceptions constituent souvent le cadre d'action des entreprises en matière d'innovation). Et d'autre part, les modalités de réalisation de l'innovation d'un point de vue organisationnel. Dans cette perspective, la recherche vise essentiellement à mettre en évidence les divers acteurs intervenant à chaque stade du processus amont-aval de l'innovation, leurs rôles et leurs apports mutuels, ainsi que le type de relations qu'ils entretiennent. La démarche entend donc essentiellement étudier les pratiques poursuivies en matière d'innovation en portant l'accent sur les relations internes et externes qu'entretiennent les entreprises aux différentes phases du processus d'innovation.

1.2 Entreprises interrogées et cadre d'analyse

L'enquête réalisée d'avril à juin 1994 porte sur un échantillon de seize entreprises actives en microtechniques et dont le siège social est situé dans l'Arc jurassien[1]. Ne font pas partie de l'enquête les entreprises dites "exogènes" (maisons mères et filiales étrangères) ainsi que les entreprises horlogères grand-public.

Les domaines d'activités couverts par les entreprises interrogées font appel à l'ensemble des techniques utilisées en microtechniques (micromécanique, micro-injection, micro-électronique, optique intégrée, informatique) et peuvent être considérés comme significatifs des microtechniques de l'Arc jurassien (**Tableau 1**).

Les entretiens réalisés auprès des responsables d'entreprises (directeurs, directeurs techniques, directeurs marketing) fournissent des informations sur les pratiques suivies par les entreprises interrogée en matière d'innovation. Ces informations sont présentées, dans les lignes qui suivent, de manière descriptive, selon un cadre d'analyse qui part du repérage des chaînes centrales respectives des entreprises, traite successivement des modalités de leur organisation interne et externe (relations en retour courtes et longues), identifie leurs compétences clés relatives, analyse les relations avec l'extérieur et aboutit à l'analyse des pratiques des entreprises en matière d'innovation. Les résultats ainsi obtenus permettent

[1] L'annexe 8 décrit de manière détaillée les modalités de réelisation de l'enquête en précisant, notamment, les critères de sélection des entreprises interrogées, les modalités de déroulement des entretiens, les critères de construction de la grille d'entretien et les modalités de construction de la typologie.

de dresser une typologie des entreprises microtechniques interrogées. Cette typologie repose sur les éléments théoriques développés dans le chapitre précédent. En l'occurrence, elle répartit les entreprises interrogées par groupes en fonction d'une analyse de leur chaîne centrale développée précédemment dans le cadre du modèle de liaison en chaîne (Cf. Chapitre 4, modèle de liaison en chaîne).

Tableau 1: domaines d'activité des entreprises interrogées

Automatisation et chaînes d'assemblage
Electro-érosion
Etampage de prècision
Fabrication d'outillage de précision
Fabrication de moules et micro-injection de pièces et de systèmes plastique
Fabrication de microsystémes d'entraînement
Fabrication d'appareils de traitement automatique et optique de données
Horlogerie industrielle (systèmes de mouvements horaires)
Informatique et électronique industrielles
Micromécanique
Systèmes de mesure (capteurs)
Téléthèses

A titre de rappel, cette chaîne correspond à la succession des étapes du processus d'innovation partant de la conception à la commercialisation finale. Dans la partie initiale de la chaîne, en amont de la production, se trouvent les activités de conception des produits et de développement de prototypes. La partie centrale, c'est-à-dire les activités productives proprement dites, est caractérisée par les opérations d'achats, de fabrication de composants, d'assemblage et de test. Enfin, la partie finale de la chaîne, en aval de la production, rassemble les fonctions commerciales (marketing, vente et service aprés-vente) qui

permettent d'établir le contact avec le marché intermédiaire (clients intégrateurs, équipementiers, clients OEM) ou final (clients utilisateurs).

Chacune de ces phases constitue un acte créateur de valeur ajoutée et de richesse dans une proportion qui varie selon chaque phase. L'intérêt d'une analyse des entreprises microtechniques en terme de chaîne centrale est de repérer dans quelle mesure les entreprises sont vulnérables (chaînon essentiel manquant, absence de liaison en retour entre chaînons). Tout produit microtechniques destiné à être commercialisé sur un marché relève de cette suite successive de création de valeur. Or, au niveau des entreprises, il se peut que celles-ci ne maîtrisent qu'une petite partie de leur chaîne centrale ou, au contraire, qu'elles maîtrisent l'ensemble du processus et, en particulier, l'accès au marché final.

Le contact avec le marché final (dialogue permanent, échanges réciproques entre producteurs et clients) est déterminant en termes de capacité de renouvellement et d'innovation réussie pour les entreprises microtechniques de l'Arc jurassien. En effet, les entreprises qui ne sont pas reliées directement au marché final ne reçoivent pas d'informations de leurs marchés. Or, ces informations sont indispensables aux entreprises en vue de la maîtrise de leur capacité d'innovation et, par conséquent, en vue de la maîtrise de leur dimension de renouvellement. Dans cette perspective, la connaissance du marché final est centrale. Les entreprises qui ne produisent que des composants sans chercher à savoir pour quels appareils ou pour quels types d'utilisation ces composants sont fabriqués, vont, à terme, à l'encontre de grosses difficultés. Dans les périodes de haute conjoncture le problème est moins important, mais il reprend toute son acuité dans les périodes de forte concurrence, d'instabilité et

d'incertitude. Cela signifie que les entreprises qui ne maîtrisent pas le contact avec le marché, ne maîtrisent pas leur dimension de renouvellement ni leur capacité d'innovation. En revanche, les entreprises astucieuses maîtrisent l'ensemble de leur chaîne centrale, en plaçant leurs ressources humaines sur toute la chaîne jusqu'au marché final. Par ailleurs, l'analyse des chaînes de valeur des entreprises interrogées permet de vérifier si ces derniéres font partie d'un systéme de partenariat, leur facilitant la maîtrise de l'ensemble de leur processus d'innovation. Ainsi, si une entreprise ne fabrique qu'une partie du produit final, elle doit être capable, malgré tout, de comprendre l'ensemble du processus et de participer activement à la conception et au développement de l'ensemble du produit.

1.3 Typologie des entreprises interrogées

L'objectif n'étant pas, ici, de faire une analyse détaillée de chaque cas, on présentera les résultats obtenus de maniére agrégée en classant les entreprises par groupe d'appartenance. L'analyse des chaînes de valeur des entreprises interrogées permet de classer ces derniéres en trois groupes illustrés par le **Tableau 2**.

Les lignes qui suivent reprennent par le détail les critéres typologiques du **Tableau 2** et présentent le profil des entreprises interrogées par groupe d'appartenance.

Profil des entreprises du groupe 1
Les entreprises du groupe 1 sont des entreprises de taille relativement importante à l'échelle de l'Arc jurassien (plus de 200 employés). A l'origine, la plupart d'entre elles étaient liées aux activités

horlogères traditionnelles de la région en tant que fournisseurs de composants ou en tant que fabricants d'équipements de production automatique. Suite aux bouleversements de leurs marchés traditionnels dus aux crises horlogéres des années septante et quatre-vingts, elles se sont peu à peu démarquées du secteur horloger selon un processus de rupture-filiation (Cf. Chapitre 1) pour se concentrer sur de nouveaux marchés (automobile, médical, micro-électronique, automation, cosmétique) à partir de leurs savoir-faire microtechniques traditionnels renouvelés au contact de nouvelles technologies. Leurs domaines d'activités actuels reposent donc sur une combinatoire technologique et portent sur la fabrication de produits-systémes destinés à des marchés internationaux (Europe, Extréme-Orient, Etats-Unis), que ce soient des marchés intermédiaires (clients intégrateurs) ou des marchés finaux (clients utilisateurs).

L'ensemble des entreprises du groupe 1 maîtrisent leur processus de production et d'innovation essentiellement à l'interne. Elles sont multifonctionnelles en ce sens qu'elles disposent, à l'interne, de l'ensemble des fonctions clés de leurs activités ainsi que des savoir-faire et des compétences qui leur sont liés (administration, R&D, fabrication, assemblage, test, contrôle, marketing). Au niveau des compétences clés, leur stratégie consiste donc à engager le personnel spécialisé à l'interne. Elles maîtrisent ainsi l'ensemble de leur chaîne centrale, de la conception initiale à la commercialisation finale.

Ces entreprises disposent, par ailleurs, d'un réseau de sous-traitants spécialisés (soudage, vissage, collage, pignons, moules) et y font appel pour des opérations particuliéres. Centrées sur la partie décisive de leur chaîne centrale, les entreprises font donc appel à des partenaires extérieurs pour des

composants spécifiques (parfois stratégiques) de haute précision (micromécanique, micro-injection plastique, micro-électronique) qui sortent de leur domaine de compétences propres.

Tableau 2: typologie des entreprises interrogées

Critères	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Chaîne centrale	Complète, de la conception à la commercialisation	Partielle, centrée sur des compétences spécialisées	Restreinte à une ou quelques opérations de production
Stratégie de production et d'innovation	Stratégie de niches construite, maîtrisée à l'interne	Stratégie de niches construite, maîtrisée en réseaux	Stratégie de niches subie, non maîtrisée
Accès aux marchés	Accès direct par l'intermédiaire de filiales de ventes	Accès indirect par l'intermédiaire de bureaux de ventes indépendants	Absence d'accès aux marchés finals (relations de sous-traitance classique)
Intégration des phases du processus d'innovation	Intégration complète	Intégration par étapes	Absence d'intégration
Nature de l'innovation	Innovation adaptative en fonction des exigences des clients	Innovation créative fondée sur une idée de produit-système répondant à de nouveaux besoins	Difficulté d'innovation

L'appel aux sous-traitants se fait principalement au stade du développement et ceux-ci sont relativement intégrés (relations partenariales) dans le processus d'innovation afin de bénéficier de manière optimale de leurs savoir-faire pratiques. La

nature des contacts est d'ordre essentiellement technique et ceux-ci sont fréquents de sorte que la proximité géographique et relationnelle joue un rôle important. De manière générale, les sous-traitants stratégiques pour des composants spécifiques proviennent d'une aire géographique bien délimitée, principalement de l'Arc jurassien, parfois du sud de l'Allemagne, du nord de l'Italie ou de l'est de la France. On retrouve là les principales zones de concentrations microtechniques en Europe (Cf. Chapitre 3). En revanche, pour ce qui est de l'approvisionnement en systèmes (et non en composants) microtechniques, les partenaires sont mondiaux.

Au niveau des relations avec des institutions de formation et de recherche, les entreprises, pour la plupart, ont de bonnes relations avec les écoles d'ingénieurs (ETS, EPF). Les relations sont toutefois irrégulières voire ponctuelles, si ce n'est en matière de recrutement des personnels ingénieurs. Ce n'est que pour des commandes spéciales que les entreprises travaillent en étroite collaboration avec des centres de recherche, notamment en vue de déterminer la faisabilité de nouveaux produits (on retrouve là les éléments discutés dans le Chapitre 4 concernant le rôle de la science et de la recherche en matière d'innovation). La plupart des entreprises entretiennent, à cet égard, des relations plus ou moins soutenues avec le Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique et l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (automation, micro-électronique), notamment par le biais d'échanges de personnels de R&D.

L'appel à des partenaires extérieurs spécialisés (centres de recherche, entreprises) nécessite, pour les entreprises, de disposer des compétences à l'interne en vue de dialoguer avec des spécialistes extérieurs. A cette fin, certaines entreprises disposent d'une liste de collaborateurs qui doivent,

chacun, se tenir au courant d'une technologie donnée en plus de leur domaine propre de spécialisation.

Les entreprises du groupe 1 maîtrisent leurs marchés et leurs canaux de distribution. Elles disposent de filiales de vente implantées dans les principaux pays industrialisés leur assurant un contact direct avec leurs marchés et leurs principaux clients. Celles-ci sont essentiellement des structures de vente et de service aprés-vente qui regroupent des technico-commerciaux et des ingénieurs d'application dont la fonction est de traduire les besoins des clients en données techniques. Le rôle des filiales est de forger une image de marque à l'étranger et de suivre les clients existants tout en prospectant le marché pour en trouver de nouveaux.

Les informations recueillies par les filiales, en provenance du marché, sont systématiquement transmises auprés des maisons-méres de l'Arc jurassien, ce qui assure les relations en retour entre le marché et les unités de production. Les filiales jouent ainsi le rôle d'antennes permettant aux entreprises de se faire une vision de la demande et leur permettant d'accéder à de nouveaux marchés. Les entreprises ont, de ce fait, une vision relativement claire de leurs marchés globaux. Par l'intermédiaire de leurs filiales, elles disposent de structures leur permettant de suivre l'évolution du marché, de la concurrence ou des technologies. Elles sont au courant des tendances à la consommation, des substituts possibles ou existants, des menaces que font peser des régulations éventuelles ainsi que des opportunités que peuvent offrir ces derniéres.

Sur le plan des relations avec leurs clients, les entreprises (par l'intermédiaire de leurs filiales) travaillent en étroite collaboration, ce qui leur

permet de développer des relations de confiance privilégiées. Grâce à la proximité géographique et relationnelle réalisée par l'intermédiaire des filiales entre l'entreprise et ses clients, ces derniers sont associés activement aux projets d'innovation. Les entreprises quittent, de cette façon, leur rôle de simples fournisseurs pour devenir des conseillers spécialisés.

Les idées à la base des nouveaux produits proviennent essentiellement d'opportunités technologiques instiguées par l'évaluation des besoins du marché. L'innovation provient donc rarement de l'interne. Ce sont les technico-commerciaux des filiales de ventes ainsi que les départements de marketing qui sont en général à l'origine de nouveaux développements. Ceux-ci recueillent et trient les informations provenant du marché et évaluent les besoins des clients. L'évaluation des projets d'innovation se fait donc directement auprés des clients (souvent un questionnaire que remplit le client) en fonction de leurs besoins et des possibilités de réalisation des entreprises. Cette évaluation est ensuite communiquée aux maisons-méres qui demandent, le cas échéant, des compléments d'information directement aux clients. Cette procédure de relations en retour entre les entreprises et les clients permet de préciser de façon relativement détaillée, les besoins et exigences des clients, la capacité financière de ces derniers et les moyens à mettre en oeuvre. L'intégration des clients dans le processus d'innovation se fait donc dés le départ, avant méme la phase de conception. Cette intégration est rendue nécessaire par le fait que, dans la plupart des cas, les produits réalisés sont des systémes qui doivent s'intégrer dans un produit plus complexe réalisé par le client lui-méme.

Les entreprises procédent ainsi d'une large communication interne et externe entre les

différents groupes de projet, entre les différentes sociétés du groupe (filiales) et les principaux partenaires (clients, sous-traitants spécialisés). De maniére générale et dés le départ d'un projet d'innovation, les entreprises organisent des séances regroupant l'ensemble des fonctions clés de l'entreprise (R&D, fabrication, assemblage, marketing). Ces séances ont pour but, dés le départ, d'assurer l'adéquation entre l'offre et la demande en fixant les objectifs en termes de coûts, de qualité, de délais et de prix. En appliquant le modèle de liaison en chaîne décrit dans le Chapitre 4, les entreprises du groupe 1 assurent ainsi les relations en retour courtes et longues de leurs processus d'innovation entre, d'une part, les différents départements, de la conception à la commercialisation (ce qui leur permet, notamment, de prendre en considération, dés les premiéres phases de conception des produits, les contraintes de production et d'assemblage (design des piéces) et, d'autre part, entre l'entreprise, ses filiales, ses clients et ses partenaires extérieurs (sous-traitants spécialisés, fournisseurs).

Profil des entreprises du groupe 2

Les entreprises du groupe 2 sont des PME, principalement des petites entreprises de moins de 50 employés. D'origines trés diverses, parfois de création récente, ces entreprises sont caractéristiques des microtechniques actuelles dans l'Arc jurassien. Leurs domaines d'activités portent sur la fabrication de produits-systémes combinant diverses technologies (micromécanique, micro-électronique, optique, nouveaux matériaux), destinés tant à des marchés nationaux qu'internationaux (Europe, Etats-Unis) que ce soient des marchés finals (clients utilisateurs) ou des marchés intermédiaires (clients intégrateurs). Poursuivant des stratégies de niches dans des secteurs spécialisés (flexibilité, production sur mesure), la plupart de ces entreprises se

démarquent de la concurrence internationale qui, moins flexible, propose des solutions standards produites en grandes séries et à des coûts relativement faibles.

Les chaînes de valeur des entreprises du groupe 2 sont plus courtes que celles du groupe 1. Ces entreprises ne maîtrisent donc pas, à l'interne, l'ensemble des compétences requises pour la réalisation de leurs produits. Pour pallier aux chaînons manquants de leurs chaînes de valeur, la stratégie de ces entreprises consiste à développer des partenariats avec d'autres entreprises ou des institutions de recherche et de formation (principalement des écoles techniques-ETS). Ces entreprises constituent ainsi des systémes de partenariat leur permettant la maîtrise de l'ensemble de leur processus de production et d'innovation. Méme si elles ne fabriquent qu'une partie du produit final, elles comprennent et maîtrisent, malgré tout, l'ensemble du processus et participent activement à la conception, au développement, à la fabrication et à la commercialisation de leurs produits.

La constitution de réseaux de collaboration constitue, pour ces entreprises, la démarche préalable indispensable à tout projet d'innovation. Centrée sur une partie restreinte de leur chaîne centrale et ne maîtrisant pas l'ensemble des fonctions clés à l'interne, les entreprises font donc appel à un réseau de partenaires extérieurs pour accéder aux compétences qui leur font défaut. La recherche des partenaires se fait principalement au niveau régional et se fonde essentiellement sur les réseaux relationnels et personnels des chefs d'entreprises. Par ailleurs, la recherche des partenaires se fait au fur et à mesure des problémes rencontrés. Tel est le cas, par exemple, de ce chef d'entreprise qui, à partir d'un projet d'innovation, fait appel à une connaissance personnelle travaillant

dans une entreprise régionale spécialisée dans les études de marché, en vue d'évaluer les besoins et exigences des clients potentiels pour le futur produit de l'entreprise. Cette démarche est effectuée avant même la phase de conception du nouveau produit et permet à l'entreprise de se faire une représentation relativement claire des propriétés requises pour son produit en termes de fonctionnalité, d'ergonomie et de design. Une fois l'évaluation du marché potentiel réalisée et les propriétés du nouveau produit définies, l'entreprise précise alors le projet et se lance dans la phase de développement. A ce stade elle fait à nouveau appel, par le biais de relations personnelles, à des compétences régionales extérieures et institue des partenariats avec des entreprises ou des institutions de formation et de recherche locales, spécialisées dans divers domaines qu'elle ne maîtrise pas à l'interne (informatique pour l'interfaçage, micro-injection plastique pour le boîtier du produit, design pour l'esthétique et l'ergonomie du produit). Les premiers prototypes sont, ensuite, testés auprés de marchés-tests locaux du point de vue de leur fonctionnalité, propriétés et ergonomie.

Cette démarche, commune dans son principe à l'ensemble des entreprises du groupe 2, permet ainsi à ces derniéres de bénéficier des savoir-faire et des compétences indispensables qu'elles ne maîtrisent pas à l'interne. Selon un principe de confiance et d'échange réciproques, les partenaires sont activement intégrés dans le projet au fur et à mesure de leur intervention dans le processus d'innovation. Par ce biais, les entreprises parviennent à assurer les relations en retour nécessaires aux différents stades des projets. Par ailleurs, comme les compétences productives des entreprises se limitent en général à la production de petites séries, lors de commandes importantes, elles font appel à la sous-traitance classique pour la production de séries plus importantes. Elles

conservent, cependant, la maîtrise de l'assemblage final pour des raisons de contrôle de qualité et de maîtrise de leurs produits.

Si, du point de vue de la réalisation technique de leurs projets d'innovation, les entreprises du groupe 2 parviennent à combler les lacunes de leur chaîne centrale en instituant des collaborations, les principaux problèmes qu'elles rencontrent concernent l'accès aux marchés. Dans la plupart des entreprises, la liaison avec le marché est insuffisante, ce qui dénote un véritable déficit en termes de stratégie marketing. En effet, la plupart des chaînes de valeur de ces entreprises ne couvrent pas véritablement la partie finale, c'est-à-dire le marketing et les ventes. Dans la plupart des cas, les entreprises du groupe 2 ne maîtrisent donc pas directement leurs marchés et leurs canaux de distribution. C'est notamment le cas lorsque la commercialisation est assurée par des représentants étrangers et indépendants des entreprises. Ne disposant pas, en régle générale, de filiales de ventes, les entreprises font, en effet, appel à des bureaux de vente indépendants. Cet état de fait pose des problèmes au niveau des relations en retour longues en provenance du marché. Les bureaux de ventes, qui sont en contact direct avec les clients utilisateurs, transmettent bien les informations du marché aux entreprises, toutefois ils ne communiquent pas les noms des clients. Cette situation rend impossible, pour les entreprises, toute intégration des clients dans leur processus de production et d'innovation, ce qui pose dans certains cas des problèmes d'adéquation entre l'offre et la demande. En effet, les entreprises qui ne sont pas reliées directement au marché final ne reçoivent pas d'informations de leurs marchés. Ce contact avec le marché est pourtant déterminant en termes de capacité de renouvellement et d'innovation réussie.

Les entreprises du groupe 2, du fait de l'insuffisance de leurs structures, ne sont donc pas en mesure d'appliquer à l'interne le modéle de liaison en chaîne décrit dans le Chapitre 4. En revanche, elles constituent des réseaux d'innovation leur permettant de pallier aux chaînons qui leur font défaut, en tous les cas en ce qui concerne les phases de réalisation technique. Les principales difficultés rencontrées par ces entreprises concernent l'accés aux marchés pour les raisons évoquées.

Profil des entreprises du groupe 3

Les entreprises du groupe 3 sont des PME locales qui, à l'origine, se sont principalement développées suite à l'essor de l'industrie horlogére et de la machine-outil dans l'Arc jurassien. Ces entreprises, qui ont un statut de sous-traitant classique, sont assimilables à des ateliers de production qui ne maîtrisent directement ni leurs marchés ni leurs chaînes de valeur. Leurs domaines d'activité reposent sur des microtechniques élémentaires. Actives dans des niches de marché délaissées par les concurrents, elles remplissent essentiellement un rôle technique, c'est-à-dire, fabriquer des composants élémentaires aux meilleurs coûts, en quantité et en qualité requises, pour des donneurs d'ordres situés principalement dans la région.

Les chaînes de valeur des entreprises du groupe 3 sont très courtes, ce qui démontre une insuffisance de maîtrise amont et/ou aval de la production. Centrées pour la plupart exclusivement sur la production de composants élémentaires, non intégrées dans des systémes partenariaux leur permettant de fabriquer des systémes complets, elles ne maîtrisent qu'une infime partie de leur chaîne centrale, si bien que leurs relations s'arrêtent aux seuls contacts qu'elles entretiennent avec leurs donneurs d'ordres. D'une manière générale, elles ont peu de contacts avec leurs

marchés et elles rencontrent, par conséquent, de sérieuses difficultés à innover avec succés. Beaucoup de chaînes centrales ne couvrent pas véritablement la partie finale, c'est-à-dire les ventes, ce qui dénote un véritable déficit en termes de stratégies marketing. C'est par exemple le cas de certains ateliers de micromécanique qui fabriquent des piéces sans savoir exactement où elles vont, ni comment elles sont utilisées dans le produit final.

Cette situation entraîne une conséquence majeure: les entreprises ne maîtrisent pas véritablement l'évolution de leurs marchés, car elles ne reçoivent pas suffisamment d'informations pertinentes pour interpréter les tendances de la consommation. Dans ces conditions, il est difficile d'attendre de ces entreprises des innovations de produits ou de procédés qui favorisent une véritable stratégie de différenciation et de renouvellement. Les chaînes de valeur des entreprises du groupe 3 sont en général statiques. En effet, ces entreprises gérent des chaîne peu dynamiques qui n'induisent pas un réel processus d'ajustement ou d'anticipation de leur part. Beaucoup d'entreprises subissent ainsi leurs marchés de façon passive.

Par ailleurs, ces entreprises ont, en général, une analyse de l'industrie et de leur environnement technique et de marché peu développée. La plupart du temps, l'analyse est limitée aux concurrents directs existants sur les marchés traditionnels. Cette perception limitée est une conséquence logique découlant de leurs chaînes de valeur trop courtes. L'analyse suggére que les entreprises connaissent mal leur marché, car leurs chaînes de valeur ne vont pas jusque-là. Les relations avec les fournisseurs sont classiques, la connaissance de leurs clients, de leurs compétiteurs, des nouveaux entrants et des substituts est relativement faible. Les entreprises qui sont dans ce cas se trouvent face à une situation d'incertitude qui fait peser sur

elles des menaces trés importantes. Elles ne sont pas préparées à des modifications éventuelles de leur environnement technique et de marché, tels des changement de procédés ou l'apparition de nouveaux concurrents ou de substituts.

A l'instar des entreprises du groupe 1 et 2, la stratégie des entreprises du groupe 3 est aussi basée sur la différenciation et non sur les coûts. En revanche, dans ce cas, la différenciation est subie et non construite. Elle résulte de la concurrence. Elle n'est pas obtenue par une démarche systématique d'interprétation du marché, par un effort soutenu de renouvellement et d'amélioration des produits et des processus, mais par des caractéristiques données de la concurrence. Ce caractére inné débouche sur une différenciation vécue comme une contrainte. Le marché, la concurrence obligent les entreprises de ce type à se réfugier dans des niches de plus en plus restreintes, pour lesquelles les débouchés deviennent confidentiels. Cette stratégie de niches n'est pas choisie par l'entreprise, mais est le résultat d'une série de replis et de rétrécissement du marché.

2 Caractérisation du district technologique

Sur la base des résultats d'enquéte obtenus dans la partie précédente, cette seconde partie décrit les principales spécificités du district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien en matiére d'innovation.

Pour ce faire, elle présente, tout d'abord, les divers aspects du processus d'innovation en microtechniques en mettant l'accent sur les implications d'un tel processus sur les modalités organisationnelles des entreprises de l'Arc

jurassien. A partir d'une typologie des réseaux d'innovation constitués par les entreprises, elle met, ensuite, en évidence la diversité des formes d'organisation des processus d'innovation dans le district technologique ainsi que la nature différenciée des innovations réalisées. Enfin, elle présente le rôle des facteurs territoriaux, et plus spécifiquement celui du milieu, dans la constitution des réseaux d'innovation dans le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien.

2.1 Le processus d'innovation dans le district technologique

De façon générale, le processus d'innovation dans le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien comporte un triple aspect multifonctionnel, multisectoriel et multilocal.

En effet, la concrétisation d'un projet d'innovation passe par la collaboration et l'enchaînement d'un ensemble de fonctions et d'étapes complémentaires (conception, développement, élaboration de prototypes, investissement industriel, commercialisation, etc.) qui exigent différentes ressources (savoir-faire, information, capital physique et financier). La combinaison de ces éléments productifs s'effectue, quant á elle, de manière itérative et dans des proportions qui varient selon l'état d'avancement du processus d'innovation. Ainsi, la conception d'un nouveau produit n'est pas déterminée une fois pour toutes, dès le départ, mais reste sujette á des modifications suggérées lors d'étapes ultérieures, par exemple, lors de la réalisation de prototypes. De même, la conception d'un produit ne s'opère pas dans l'absolu, mais intégre d'emblée certaines

contraintes liées à l'assemblage ou à la fabrication en séries des piéces.

Ce caractére multifonctionnel du processus d'innovation se double par ailleurs souvent d'un caractére multisectoriel lorsque la complexité de chaque fonction prise individuellement nécessite une spécialisation des ressources. En effet, en précisant le caractére transversal des microtechniques (Cf. Chapitre 3), l'analyse a montré qu'une grande partie des innovations dans ce domaine découle de l'adaptation et de l'intégration de techniques, de méthodes, de procédés ou de concepts hors de leur secteur d'origine. Ce caractére multisectoriel et multidisciplinaire de l'innovation prend, aujourd'hui, une importance toute particulière dans le domaine des microtechniques, parce que la production porte désormais non plus sur de simples éléments, mais bien sur des systémes associant de multiples composants de nature scientifique et technique diverse.

Cette spécialisation des compétences dont la combinaison doit être assurée pour mener à terme un projet d'innovation conduit à émettre l'hypothése selon laquelle, sur le plan régional, la proximité entre partenaires facilitant les contacts interpersonnels directs, l'organisation de réseaux relationnels régionaux constitue un facteur non négligeable de stimulation ou de freinage des capacités d'innovation (PLANQUE, 1988). Cependant le double caractére multifonctionnel et multisectoriel du processus d'innovation conduit, dans l'Arc jurassien, à un éclatement dans l'espace (interrégional, international) des ressource utiles à sa réalisation. En ce sens, le processus d'innovation posséde un caractère multilocal (multirégional, multinational) et demande l'utilisation de réseaux interlocaux de circulation des informations. Dans le cas du district technologique de l'Arc jurassien, une

telle mise en commun de ressources innovatrices s'opère, en vérité, dans un systéme de production essentiellement territorial qui reste, malgré tout, très ouvert sur l'extèrieur (participation de certaines entreprises et des centres de recherche à des programmes de recherche européens, par exemple), afin d'enrichir leur potentiel d'informations et de ressources.

A ces caractéristiques de multifonctionnalité, de multisectorialité et de multiterritorialité des processus d'innovation dans l'Arc jurassien, il convient de superposer leures caractéristiques de dynamisme. Ces processus sont, en effet, inscrits dans le temps. La réussite d'un projet d'innovation ne se résume ainsi pas à la réalisation d'une nouvelle combinaison ou d'un nouveau produit. Elle inclut les étapes décisives de l'industrialisation et de la commercialisation, ce qui suppose le dépassement du problème toujours central du financement des investissements. Ainsi, la réussite finale d'un projet d'innovation ne signifie pas seulement la capacité de faire converger des potentialités et des ressources utiles à un moment donné (par exemple des ressources informationnelles scientifiques et techniques lors des étapes initiales du processus); elle signifie aussi la capacité de faire évoluer l'organisation (interne de l'entreprise) et les sources (externes) d'intrants en fonction de nouvelles combinaisons de facteurs (informationnels, humains, matériels) qui se différencient d'étapes en étapes (PLANQUE et PY, 1987). On retrouve, ici, les éléments discutés dans le Chapitre 4 concernant la trilogie technique-marché-organisation du processus d'innovation.

Dans cette perspective, l'innovation dans l'Arc jurassien résulte donc d'un processus de coproduction fondamentalement collectif, multifonctionnel, multisectoriel, multilocal et inscrit dans le temps. Dans de tels processus, les

articulations interorganisationnelles entre partenaires impliqués à un titre ou à un autre jouent selon toute vraisemblance un rôle central (PLANQUE, 1988). De même, l'information devient un facteur de production qui joue un rôle essentiel en matière d'innovation. Ce rôle tient notamment au fait que l'accessibilité à des informations à propos de leur environnement technique et de marché permet aux entreprises de réduire l'incertitude et par-là d'adopter des stratégies appropriées (LAMBOOY, 1986).

En tenant compte des particularités du processus d'innovation, on constate donc que la principale contrainte à dépasser réside dans l'incertitude que peuvent ressentir les agents innovateurs quant à la disponibilité des différentes ressources nécessaires à la concrétisation de leurs projets. Dans le cas du district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien, une telle incertitude est potentiellement élevée, puisque l'ensemble des compétences s'éclate en une multitude de firmes spécialisées (Cf. Chapitre 3). Elle peut donc entraîner des coûts de transaction importants et nuire au dynamisme technologique et commercial des entreprises.

Dans les faits, le district technologique des microtechniques fait pourtant preuve d'une forte capacité d'innovation qui se traduit par le maintien d'une position concurrentielle de premier ordre sur les marchés internationaux (NEMETI et PFISTER, 1994). Dés lors, l'incertitude des agents quant aux opportunités existant dans leur environnement technique et de marché semble réduite. Dans une minorité de cas, ce phénoméne s'explique par une institutionnalisation des relations multifonctionnelles conduisant à l'innovation. Il s'agit surtout de grandes entreprises appartenant au Groupe 1 (Cf. typologie des entreprises microtechniques) qui tissent, avec d'autres firmes ou avec des centres de recherche, des liens formels et contractuels, souvent durables.

C'est ainsi que ces grandes entreprises, s'appuyant sur leurs structurations formelles, sur leurs filiales internationales et sur la spécialisation des individus, des équipes et des services, se procurent les divers types d'informations utiles à leur processus de production et d'innovation au travers de réseaux institutionnels. Elles recherchent explicitement et de façon systématique les informations et, le plus souvent, s'efforcent de réduire l'incertitude quant à leur environnement en contractualisant leurs relations avec les divers éléments et partenaires de cet environnement. Mais cette façon de procéder suppose le recours à des moyens humains et techniques importants et s'assortit, de plus, d'un suivi administratif contraignant. Or, le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien se compose d'une forte majorité de PME appartenant aux Groupes 2 et 3 (Cf. typologie des entreprises microtechniques) qui ne sont que rarement en mesure d'assumer le coût lié à l'institutionnalisation des relations. Ces PME doivent, pour réussir leurs projets d'innovation, trouver les moyens de faire converger vers elles, pour les combiner, des potentialités techniques, informationnelles, humaines et financières éclatées tant sur les plans sectoriels et fonctionnels que sur le plan spatial, sans toutefois disposer des structures qui permettent aux grandes firmes d'effectuer systématiquement ces opérations. Ainsi, une spécificité importante des PME par rapport aux grandes organisations apparaît dans leur inaptitude à l'institutionnalisation (impossibilité de structuration par spécialisation) et dans leur pratique qui consiste à ne pas contractualiser systématiquement leurs relations. Cette caractéristique des PME, d'autant plus affirmée que l'entreprise est plus petite et/ou plus jeune, se traduit par une conformation originale (par rapport aux grandes entreprises) des réseaux de mobilisation des intrants informationnels et des ressources. Ces petites firmes doivent donc trouver un autre moyen d'établir des relations fiables avec

leur environnement technique et de marché. A cet égard, la constitution de réseaux de coproduction et d'innovation représente, sans aucun doute, un moyen efficace. Mais de tels réseaux n'apparaissent pas indifféremment dans n'importe quel système de production, parce qu'ils supposent l'existence d'un climat de confiance et de réciprocité relationnelles nécessaire à toute forme de collaboration. Ce genre de climat de collaboration dépend, en fait, beaucoup de la proximité culturelle et géographique prévalant entre les agents d'un système productif, parce que cette dernière réduit l'incertitude environnementale. Or, cette proximité constitue l'une des principales caractéristiques d'un milieu.

Caractériser (comme cela a été fait précédemment) l'innovation dans le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien comme résultant d'un processus collectif de coproduction, revient à admettre que l'on ne peut plus systématiquement considérer la décision de la firme comme le point de départ du processus d'innovation. Dans cette perspective, l'image de l'inventeur isolé, issue de la tradition schumpéterienne qui insémine le tissu économique d'une idée qui lui est communiquée par le ciel est schématique et désuète (CREVOISIER, 1993). En effet, même s'il est vrai que l'idée d'innovation, l'effort principal d'innovation et la réalisation concrète de la nouvelle combinaison sont le fait de l'unité micro-économique et, souvent dans les PME, d'un ou de quelques individus, la probabilité d'émergence de l'idée nouvelle et la probabilité de réussite du processus d'innovation dans son ensemble dépendent fortement du milieu dans lequel cette organisation micro-économique se trouve plongée ainsi que de son mode d'insertion dans ce milieu (PLANQUE, 1988). C'est finalement la raison pour laquelle il apparaît fondamental de considérer le rôle et les apports du milieu de l'Arc jurassien dans la capacité d'innovation et de

renouvellement du district technologique des microtechniques.

Dans cette optique, parler de capacité productive et de renouvellement des entreprises du district technologique des microtechniques amène à spécifier la nature collective et organisationnelle de cette dynamique d'innovation. La création de nouvelles options productives nécessite la mise en place de relations entre les agents économiques, de formes de régulation, de modes de coordination et de formes de collaborations industrielles spécifiques à la nature des problémes productifs rencontrés. Dans cette perspective, on s'attardera sur deux aspects considérés comme essentiels dans le processus d'innovation: l'organisation en réseaux des innovations et le rôle du milieu dans la construction et le fonctionnement du district technologique.

2.2 Les réseaux d'innovation dans l'Arc jurassien

En considérant l'innovation dans le district technologique des microtechniques comme un processus fondé sur une dynamique séquentielle d'apprentissage[2] principalement de nature collective, les relations de collaborations et d'interdépendances entre les différents acteurs impliqués dans un tel processus sont déterminantes quant à la viabilité du choix innovateur. Par ailleurs,

[2] Le processus d'innovation doit être, en effet, analysé comme un processus d'essais et d'erreurs, un processus de nature séquentielle et cumulative, qui reléve d'une dynamique d'apprentissage. Il s'agit aussi bien d'un apprentissage par la pratique, d'un apprentissage par interaction entre utilisateurs et producteurs (LUNDVALL, 1988), que d'un apprentissage par interaction entre les différentes phases du processus de production, y compris les activités de R&D et de marketing, selon un modèle de "liaison en chaîne" (KLINE et ROSENBERG, 1986).

le caractére essentiellement "systémique" des innovations[3] dans le district technologique, lié à la nature combinatoire des microtechniques, appelle une investigation en termes de réseaux d'innovation[4] (IMAI et BABA, 1989; 1990). Dans cette perspective et du point de vue de l'analyse, "si l'on veut comprendre le phénoméne de l'innovation, l'accent doit être mis sur la composition du réseau et la maniére dont il fonctionne" (GAFFARD, 1992b, p.167).

Les raisons et les enjeux de la constitution de réseaux d'innovation ont déjà fait l'objet d'un commentaire dans les chapitres 3 et 4 et ont permis, à ce titre, de souligner l'importance des relations de collaboration et des interdépendances hors marché dans le processus d'innovation. Dans le prolongement de cette analyse, les lignes qui suivent entendent préciser la nature et la maniére dont fonctionnent les réseaux d'innovation dans le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien. L'étude de ces réseaux d'innovation a donné lieu à un important travail d'investigation

---

3 Selon IMAI et BABA (1990, p.2), "the emergence of information technology (...) acts as a catalyst triggering clusters of innovations that branch out in a systemic way : an original invention often prompts innovations in other activities complementary to it, leading to the generation of new combination of physical products, software, and human services. We might term an innovation brought about this broader systemic sequence, a systemic innovation".

4 On retiendra la définition donnée par IMAI et BABA (1989, p.2): "Network organization is a basic institutional arrangement to cope with systemic innovation. Networks can be viewed in terms of theory as an interpenetrated form of market and organization. Empirically it is a loosely-coopled organization having a core with both weak and strong ties among constituent members. The network enables corporations to identify emergent opportunities to link flexible specialization across the boundaries of firms, and to trigger continuous interactive innovation. We emphasize the importance of cooperative relationships among firms as a key linkage mechanism of network configuration. They include joint ventures, licensing agreements, management contracts, subcontracting, production-sharing, and R&D collaboration".

empirique dont on peut résumer, ici, les principaux enseignements (MAILLAT et al., 1994).

La constitution de réseaux repose sur une recherche systématique de ressources complémentaires et a pour objectif principal l'innovation, de même qu'une réduction de l'incertitude. La mise en réseaux se focalise donc sur un projet d'innovation dans lequel les différents partenaires s'impliquent en mettant en commun leurs ressources spécifiques (ressources financiéres et humaines, compétences et savoir-faire). Cette stratégie de collaboration, qui s'organise souvent de manière durable, permet à la fois une amélioration de la créativité et une réduction des risques et des coûts propres au processus d'innovation (MAILLAT et al., 1993e).

Par ailleurs, le fonctionnement et l'évolution des réseaux supposent implicitement un systéme de régles. Le degré de formalisation de celles-ci peut étre variable, allant du contrat formel au contrat moral qu'impose le respect de règles diffuses issues d'un sentiment d'appartenance à une communauté de travail, à un même milieu. Dans les faits, le fonctionnement de l'ensemble des réseaux étudiés repose sur l'établissement de relations de confiance et de réciprocité. C'est le sentiment d'appartenance à un milieu, donc le respect de ses régles implicites qui, d'une certaine façon, condamne les acteurs à jouer le jeu de la collaboration sans arriére-pensées (MAILLAT et al., 1994). Cette régle, qui gère l'ensemble des contacts entre partenaires, reste également valable pour d'autres entreprises, avec lesquelles on n'a jamais collaboré auparavant. On assiste ainsi à une volonté affichée de réduire au maximum toute contractualisation. Coûteuse en temps et en argent, la contractualisation formelle est perçue comme un frein à l'innovation et devient superflue dans la mesure où les partenaires se connaissent. C'est la raison pour laquelle les

réseaux sont régis, de manière générale, par l'établissement d'un simple cahier des charges fixant les responsabilités et les obligations de chacun (délais, normes de qualité, prix, etc.), les acteurs s'engageant à respecter les orientations définies bilatéralement ou collectivement. On constate ainsi que la régulation qui prédomine dans les réseaux d'innovation prend la forme de convention plutôt que de contractualisation. Dans ce contexte, les différents partenaires s'impliquent dans le projet et une certaine solidarité s'installe. Ils s'engagent ainsi à échanger des informations, tant sur les marchés que sur les techniques, liées de façon plus ou moins directe au projet qui les unissent. Ces échanges croisés s'inscrivent dans une logique d'ouverture et de réciprocité dont la diffusion rapide force les firmes à innover en permanence.

Au-delà de ces caractéristiques très générales qui soulignent la nature non marchande des interdépendances entre les différents acteurs engagés dans un processus d'innovation, on identifie essentiellement trois types de réseaux (MAILLAT et al., 1994) permettant d'illustrer les modalités organisationnelles des entreprises microtechniques interrogées (Cf. typologie des entreprises). Le premier type porte sur des réseaux avec firme leader à l'initiative d'un projet d'innovation et qui contrôle l'ensemble des opérations (conception, industrialisation, commercialisation). Le second type concerne des réseaux avec firme pivot qui maîtrise le projet dont l'étude de faisabilité est réalisée en collaboration avec l'ensemble des partenaires du réseau, chacun étant responsable d'un module. Enfin, le troisième type consiste en des réseaux compacts où la conception globale du projet est élaborée de manière collective sans définition ni distribution à priori de tâches déterminées.

Les modalités d'organisation des entreprises microtechniques interrogées correspondent aux trois types de réseaux d'innovation illustrés par le **Tableau 3**.

Les réseaux avec firme leader correspondent aux modalités organisationnelles en matiére d'innovation de la majorité des grandes entreprises du Groupe 1 (Cf. typologie des entreprises). Ces réseaux se caractérisent par un certain monopole de l'entreprise leader (grande entreprise du Groupe 1) sur le projet d'innovation. La firme leader a l'initiative du projet, elle contrôle l'ensemble des opérations, de la conception et de l'industrialisation du produit nouveau jusqu'á sa commercialisation, et elle maîtrise l'ensemble des étapes de la démarche d'innovation.

Les lignes qui suivent proposent un commentaire pour chacun des trois types de réseaux d'innovation observés dans le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien.

L'appel á des partenaires extérieurs se justifie principalement par la recherche de compétences complémentaires dont la maîtrise supposerait des investissements longs et coûteux. Dans cette démarche, les transactions entre le maître d'oeuvre et les partenaires sont essentiellement bilatérales et sont définies dans le cadre d'un cahier des charges. Ces transactions donnent lieu á l'élaboration d'un cadre contractuel plus ou moins formalisé en fonction de la connaissance du partenaire. Il s'agit donc d'une structure réticulaire relativement hiérarchisée, dans laquelle la firme leader gére et contrôle seule la démarche d'innovation.

Tableau 3: typologie des réseaux d'innovation dans l'Arc jurassien

Types de réseaux	Nature des innovations[1]	Division du travail[2]	Règles[3]	Savoir-faire[4]	Rôle du milieu[5]
Réseau avec firme leader	Innovation adaptative, amélioration de produits existants	Division du travail stricte	Règles définies par un contrat bilatéral	Appropriation individuelle des nouveaux savoir-faire	L'entreprise utilise les capacités du milieu lors de l'innovation
Réseau avec firme pivot	Innovation créative, création de nouveaux produits	Division du travail par modules	Règles d'usage dans le réseau	Diffusion bilatérale des nouveaux savoir-faire	L'entreprise se base sur les capacités du milieu pour innover
Réseau compact	Innovation organisationnelle, création d'un nouvel espace de travail	Division du travail non stabilisée	Règles diffuses liées à un sentiment d'appartenance à une communauté de travail	Diffusion des nouveaux savoir-faire sur l'ensemble des partenaires	Le milieu créé une opportunité d'innovation pour les différents partenaires

Source: MAILLAT et al., 1994

1) précise le nature des innovations entreprises en fonction des types de réseaux
2) précise le degré de spécification des prestations des divers partenaires du réseau
3) précise l'origine et le degré de formalisation des règles de fonctionnement du réseau
4) précise le degré d'appropriation des savoir-faire nouveaux développés par le réseau
5) précise l'importance du milieu dans le processus d'innovation en fonction des types de réseaux

Les entreprises du Groupe 3 (Cf. typologie des entreprises) appartiennent également à ce type de réseau. Toutefois, du fait de leur statut de simples sous-traitants et receveurs d'ordres de la part de la firme leader, elles ne participent pas activement au processus d'innovation et elles sont confinées dans un rôle de simples fournisseurs spécialisés. On retrouve, ici, les principales difficultés d'innovation que rencontrent ces entreprises, difficultés liées à leurs chaînes de valeur trop courtes (Cf. typologie des entreprises).

Les réseaux d'innovation avec firme pivot sont caractéristiques, quant à eux, des modalités d'organisation de la plupart des entreprises du Groupe 2 (Cf. typologie des entreprises). Dans ces réseaux, la firme pivot (entreprise du Groupe 2) peut être considérée comme l'architecte du réseau. Si elle détient la maîtrise du projet, c'est en collaboration avec des partenaires spécialisés qu'elle étudie sa faisabilité technique. Les autres firmes du réseau apparaissent comme des partenaires spécialisés. Ces derniers ne sont cependant pas contrôlés dans tous les aspects de leur contribution. On assiste à une division des compétences plutôt qu'à une division du travail. On cherche, ainsi, à se mettre d'accord sur les interfaces entre les différents modules, l'intérieur du module étant du strict ressort du partenaire spécialisé. Une telle structure du réseau permet à la fois une division du travail au travers d'une répartition des tâches ainsi qu'une conception modulaire du produit. Cette démarche permet de faire évoluer le produit dans le temps sans en transformer l'architecture, simplement en incorporant de nouveaux modules, en incluant de nouvelles techniques ou en répondant à de nouveaux besoins. Le problème d'un tel réseau est, finalement, de rendre cohérents les savoir-faire des différents partenaires, c'est-à-dire, dans ce cas, de les ajuster aux interfaces.

Il est intéressant de distinguer dans cette architecture le centre du réseau et sa périphérie. Au centre, on trouve une structure relativement polarisée, articulée autour de la firme pivot, qui gère et coordonne l'ensemble des partenaires. A ce niveau, les transactions sont multilatérales et reposent sur un contrat moral. En revanche, à la périphérie du réseau, on trouve des relations bilatérales souvent formalisées. Dans ce schéma, les processus d'apprentissage se développent selon un mode collectif ou bilatéral au centre du réseau (élargissement et approfondissement des savoir-faire) alors qu'ils sont essentiellement individuels à sa périphérie.

Le réseau d'innovation compact observé dans le cas de certaines entreprises du Groupe 2 est très différent des autres dans la mesure où il n'y a pas de firme qui assure une coordination centrale de la démarche d'innovation. Il y a une conception collective et globale du projet d'innovation. L'élément qui structure les relations entre partenaires est la notion de projet. Les apports des uns et des autres ne sont pas évaluables a priori et ne sont donc pas contrôlables. Il faut plutôt voir cette démarche comme une expérience en commun, dans laquelle le réseau définit en priorité un espace de travail collectif et d'échange. Les relations ne peuvent donc pas être schématisées sous la forme d'une trame réticulaire. Le réseau est avant tout un ensemble de partenaires, qui mettent en commun leurs compétences et leurs savoir-faire respectifs pour faire avancer une idée, un projet. Les transactions sont donc multilatérales, réglées par des relations de confiance, de réciprocité, par une éthique commune du travail liée à l'appartenance à un même milieu et les processus d'apprentissage se développent selon une dynamique collective.

Forts différents les uns des autres, ces trois modes d'organisation trouvent leur justification dans la

nature et la combinaison des savoir-faire mobilisés dans le cadre de la démarche d'innovation. A cet égard, il est intéressant de noter que ces différents types de réseaux correspondent à des démarches d'innovation spécifiques. La structure du réseau, sa morphologie et son organisation interne sont, en effet, étroitement liées à la nature des innovations réalisées (**Tableau 4**).

Tableau 4: nature des innovations en fonction des types de réseaux

Types de réseaux	Nature des innovations
Réseau avec firme leader	Innovations adaptatives portant sur l'amélioration de produits existants
Réseau avec firme pivot	Innovations créatives portant sur la réalisation de nouveaux produits
Réseau compact	Innovations organisationnelles portant sur la création d'un nouvel espace de travail collectif et d'échange permettent l'innovation

De manière générale, les réseaux avec firme leader développent des innovations adaptatives ou incrémentales à partir de produits existants sur le marché et en fonction de nouvelles exigences des clients pour ces produits. Les innovations réalisées dans le cadre des réseaux avec firme leader portent donc essentiellement sur des améliorations des propriétés (fiabilité, précision, ergonomie, etc.) de produits déjà existants sur le marché. Il n'y a, en principe, pas de remise en cause des fonctions d'ensemble des produits, les entreprises n'agissent donc pas sur les besoins des clients mais sur leurs exigences.

Les réseaux avec firme pivot, quant à eux, procédent d'innovations créatives débouchant sur la conception de nouveaux produits. Les innovations développées dans le cadre des réseaux avec firme pivot portent donc principalement sur la création de nouvelles fonctions à partir de nouveaux besoins, exprimés ou potentiels, des clients. Dans ce cas, on assiste à une remise en cause de fonctions traditionnelles assumées par des produits existants ou, plus radicalement, à la création de nouvelles fonctions, c'est-à-dire, à la création de produits totalement nouveaux avec leurs marchés respectifs.

Enfin, les réseaux compacts se fondent sur des innovations de type organisationnel portant sur la création d'un nouvel environnement de travail entre les divers partenaires impliqués. Les réalisations effectuées dans le cadre de ces nouveaux espaces de travail collectif et d'échange portent indifféremment sur des améliorations de produits existants ou sur la création de nouveaux produits et de leurs marchés.

En définitive, cette typologie permet, tout d'abord, de suggérer la diversité des formes organisationnelles des processus d'innovation dans le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien. Elle laisse apparaître, ensuite, que les réseaux avec firme pivot et les réseaux compacts, par leur nature essentiellement partenariale, sont à l'évidence les plus impliqués dans le processus d'innovation (MAILLAT et al., 1994). Enfin, ces différents types de réseaux montrent l'importance du milieu dans les processus d'innovation.

2.3 Le rôle du milieu en matière d'innovation

Initiée par les travaux du GREMI[5] consacrés à une analyse territorialisée de l'innovation, la notion de milieu est très proche des réflexions en termes de système national d'innovation (LUNDVALL, 1992) ou de système d'innovation localisé (CHARBIT and al., 1991). La notion de milieu tente de caractériser certaines formes territoriales d'organisation industrielle créatrice de technologies, fondées sur une relative stabilité à partir d'un ensemble de règles et de conventions partagées par une communauté d'acteurs et construites sur une dynamique de collaborations et d'interdépendances hors-marché de nature essentiellement informelle (MAILLAT et al., 1994).

Selon la définition donnée par le GREMI, le milieu "est constitué par un ensemble de relations intervenant dans une zone géographique qui regroupe dans un tout cohérent, un système de production, une culture technique et des acteurs. L'esprit d'entreprise, les pratiques organisationnelles, les comportements d'entreprises, la manière d'utiliser les techniques, d'appréhender le marché et les savoir-faire sont à la fois parties intégrantes et parties constitutives du milieu" (MAILLAT et al., 1993b, p. 4). Par milieu, il faut donc entendre le système de l'ensemble des éléments interreliés capables de fournir aux agents économiques l'ensemble des ressources

5 Le Groupe de Recherche Européen sur les Milieux Innovateurs (GREMI) rassemble depuis une dizaine d'années différentes équipes qui étudient, sur une vingtaine de contextes locaux constituent un échantillon largement représentatif, les processus qui se situent é l'articulation de l'innovation et du développement local. Le lecteur trouvera les principales contributions dans AYDALOT (1986), AYDALOT and KEEBLE (1988), CAMAGNI (1991), MAILLAT et PERRIN (1992), MAILLAT, QUEVIT et SENN (1993).

différenciées utiles à l'ensemble des étapes dont se compose leur processus d'innovation[6]. La notion de milieu ne se réduit donc pas à la seule proximité spatiale des firmes. Elle traduit, en fait, cette intuition majeure "d'atmosphère industrielle" exprimée par Alfred Marshall (1919) dans la notion de district industriel tout en soulignant le fort ancrage territorial de ces collaborations et échanges informels entre les différents acteurs engagés dans un processus d'innovation. Le milieu exprime cette construction territoriale d'une culture industrielle, d'un système de représentations, de connaissances, de valeurs, de règles forgées tout au long des pratiques de long terme de relations d'échange et de collaboration (MAILLAT et al., 1994). Dans cette perspective, le milieu ne constitue pas un simple réservoir de main-d'oeuvre, de savoir-faire et de compétences dans lequel les acteurs puiseraient les ressources nécessaires pour innover (MAILLAT et PERRIN, 1992). En réalité, c'est la dynamique de ce milieu qui génère des opportunités d'innovation et qui suscite certaines réponses de la part des différents acteurs (CREVOISIER et MAILLAT, 1991). De ce point de vue, le contenu institutionnel du milieu non seulement apparaît comme un élément déterminant dans la capacité des agents économiques à engager des processus d'apprentissage collectif et donc de générer de nouvelles options productives,

6 Le caractère privilégié ou plus apparent de certains éléments de ce milieu et de certaines relations (telles les relations recherche-industrie par exemple) ne doit, toutefois, pas masquer le fait que ce milieu est un système dont tous les sous-systèmes participent au fonctionnement de l'ensemble. Ainsi, une récente analyse comparative de l'évolution structurelle des deux milieux horlogers et microtechniques de l'Arc jurassien suisse et français a permis de montrer que l'existence d'infrastructures scientifiques et techniques et de liens recherche-industrie ne suffit pas à expliquer les dynamiques divergentes qu'ont connus les deux milieux suisse et français. Bien d'autres éléments constitutifs du milieu participent à cette explication; poids de l'histoire, anticipations de courts et longs termes des acteurs, existence d'agents leaders, consensus collectif et solidarités spatiales des acteurs (MAILLAT et al., 1994).

mais surtout contribue à la régulation des espaces locaux dans le cadre, notamment, des processus d'innovation.

L'organisation en réseaux du district technologique de l'Arc jurassien permet de rappeler l'importance des systèmes de règles, de valeurs, de normes dans la structuration et l'organisation des relations industrielles et de collaboration entre les acteurs locaux, qui confèrent au district technologique une relative unité et cohérence. Cette cohérence s'exprime, d'une part, à travers un sentiment d'appartenance des différents acteurs à une même entité, un même milieu, et, d'autre part, dans une certaine convergence des comportements, des aspirations, qui prend forme dans une vision commune de l'avenir et qui conduit à rechercher une certaine complémentarité entre le projet individuel des acteurs et un projet collectif régional. La cohérence du district technologique s'exprime, ainsi, à travers un ensemble structuré de relations qui fait intervenir à la fois des mécanismes de marché, des mécanismes d'organisation et des logiques institutionnelles au sens défini par Johnson et Lundvall[7] (1992). En fait, la convergence des comportements et des anticipations, l'adoption de règles et pratiques communes, la mobilisation des acteurs autour d'un projet constituent de puissants vecteurs dans les processus d'innovation observés

7 JOHNSON et LUNDVALL (1992) introduisent dans l'analyse des dynamiques technologiques le contexte institutionnel comme un élément essentiel dans le développement des mécanismes d'interdépendance et d'interaction qui structurent le processus d'innovation. La notion d'institution doit être toutefois étendue, ici, dans une acceptation suffisamment large pour intégrer aussi bien les structures organisationnelles publiques ou privées que des modes de comportement, des schémas de représentation, des règles collectives d'actions. JOHNSON et LUNDVALL (1992, p.112) définissent ainsi les institutions "as sets of habits, routines, rules, norms and laws, which by reducing the emount of information necessary for individual and collective action, make reproduction and change of society possible".

dans le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien (MAILLAT et al., 1993d).

En ce qui concerne les apports proprement dits du milieu dans la constitution des trois types de réseaux d'innovation décrits précédemment, ceux-ci varient, "entre la simple fourniture de compétences complémentaires (fonction d'offre), un cadre contractuel implicite et une structure d'intermédiation entre les acteurs (fonction d'intermédiation), enfin un élément essentiel dans la création même du réseau d'innovation" (MAILLAT et al., 1994) (**Tableau 5**).

Tableau 5: le rôle du milieu dans la constitution des réseaux d'innovation

Types de réseaux	Rôle du milieu
Réseau avec firme leader	Le milieu constitue un réservoir de main-d'oeuvre, de savoir-faire et de compétences dans lequel les firmes puisent les ressources nécessaires pour innover
Réseau avec firme pivot	Le milieu constitue un cadre contractuel implicite et une structure d'intermédiation permettant aux firmes de formuler un projet d'innovation et de réguler les relations entre les divers partenaires du projet
Réseau compact	Le milieu constitue un élément essentiel dans la création même du réseau d'innovation, le projet d'innovation est alors le produit du milieu

Dans les trois cas cependant, un certain nombre d'éléments apparaissent sous forme de constante. Il en va ainsi des notions de connaissance mutuelle et de confiance réciproque entre les protagonistes. Ce constat suggère que l'émergence de réseaux trouve son fondement dans une dimension

historique dans laquelle le marché local du travail, les trajectoires professionnelles communes ont un rôle structurant capital (MAILLAT et al., 1995).

La principale caractéristique commune à l'ensemble des réseaux étudiés consiste en ce qu'ils prennent forme et qu'ils s'appuient sur un important réseau préexistant de relations professionnelles et personnelles. Les partenaires se connaissent plus ou moins directement et, souvent, ont travaillé (sous-traitance traditionnelle) ou collaboré à des projets communs. Les différents protagonistes ont connu des trajectoires professionnelles assez semblables et sont issus du même milieu. Il y a donc, à la base, des relations de confiance, de réciprocité voire d'amitié entre les différents partenaires. Ce climat facilite la connaissance mutuelle, la collaboration, la circulation et l'échange des informations. Il offre des possibilités d'ouverture l'un vers l'autre, de diffusion des savoir-faire, sans risque d'appropriation unilatérale car les acteurs partagent une même éthique du travail et une volonté commune de collaborer. A contrario, une culture de défiance empêche la constitution de réseaux d'innovation dans la mesure où celle-ci engendre de la part des partenaires des comportements opportunistes qui sont une menace pour la stabilité des relations. A cet égard, Freeman (1991, p.503) invite le lecteur à ne pas négliger la composante sociologique des réseaux d'innovation. A cet égard, l'auteur observe que "personal relationships of trust and confidence (and sometimes of fear and obligation) are important both at the formal and informal level... For this reason cultural factors such as language, educational background, regional loyalties, shared ideologies and experiences and even common leisure interests continue to play an important role in networking". Freeman conclut "an appreciation of these sociological factors in both formal and informal networks is a necessary complement to a

narrower "economic" explanation and helps greatly to understand the importance of regional networks, geographical proximity and national systems of innovation".

En tant que capital relationnel historiquement constitué, le milieu de l'Arc jurassien apparaît comme un instrument d'intermédiation permettant, le cas échéant, de formuler des projets communs. Il permet à un réseau d'innovation de se constituer et de trouver une certaine cohérence au niveau territorial. Par le biais des relations établies, le milieu offre des opportunités d'entrer en contact avec de nouveaux partenaires disposant des compétences nécessaires au projet d'innovation. Cet apport du milieu facilite la recherche de partenaires dans la constitution de réseaux d'innovation. Sur la base des contraintes liées au projet et des compétences nécessaires, le ou les initiateurs vont rechercher leurs partenaires en faisant jouer les relations établies dans le milieu. L'information circule entre les entreprises du milieu, intégrées ou non au projet, jusqu'à ce que le partenaire recherché soit trouvé. L'avantage économique de cette démarche est évident: elle permet d'éviter une longue et coûteuse procédure classique par appel d'offres. De plus, elle permet l'établissement direct de relations de confiance basées sur la connaissance des compétences et des capacités productives du partenaire, même si ce dernier était jusqu'alors inconnu des initiateurs du projet. Au travers des relations personnelles, intervient ici une règle simple du type "les amis de mes amis sont mes amis".

Quelle que soit la structure du réseau étudié, il est intéressant de noter que la notion même de réseau se justifie uniquement dans le cadre de relations de long terme. En effet, la stabilité et la continuité des transactions entre les acteurs sont des conditions nécessaires à la constitution d'un capital relationnel

sans lequel les acteurs ne peuvent entreprendre une démarche plus créatrice, plus risquée, typique du projet d'innovation. Les notions de confiance réciproque, de connaissance mutuelle des partenaires reviennent régulièrement à travers les différents cas étudiés. Le réseau a donc une histoire et s'inscrit dans une dimension temporelle. Ce constat permet de suggérer le rôle structurant du marché local du travail et des chaînes de mobilités ascendantes dans la formation de réseaux d'innovation. Ces réseaux prennent forme à travers des acteurs qui se connaissent, car ils ont, à un moment donné, étudié ou travaillé ensemble. Les trajectoires professionnelles sont donc capitales dans l'émergence de réseaux d'innovation. Ainsi, c'est le jeu entremêlé des individus, des entreprises et des institutions qui permet le renouvellement du tissu des activités microtechniques dans l'Arc jurassien. Même si certaines entreprises disparaissent, les individus restent, véhiculent leur savoir-faire et leurs connaissances, créent des entreprises et de nouvelles opportunités apparaissent. La région, et plus précisément le milieu, émerge ainsi comme le niveau qui permet de comprendre le renouvellement des activités.

Au terme de cette analyse, quelques propositions relatives à l'articulation entre dynamique industrielle et dynamique des territoires peuvent être dégagées. Au travers des cas étudiés, il apparaît clairement que les réseaux d'innovation se constituent sur la base de relations préexistantes, elles mêmes constitutives du milieu. Ce dernier participe à l'émergence des réseaux d'innovation et intervient dans leur dynamique en apportant les éléments nécessaires à la concrétisation des projets. Il s'agit, cependant, de noter que les réseaux enrichissent à leur tour le milieu, dans la mesure où les processus d'apprentissage qu'ils engendrent contribuent à l'accroissement des capacités créatrices du milieu. La réalisation d'un

projet n'est ainsi pas le seul résultat d'un réseau d'innovation. Au travers d'un processus de "learning by networking", les réseaux permettent un approfondissement et un élargissement des savoir-faire (adaptation de savoir-faire existants à de nouvelles situations, apport de savoir-faire nouveaux) des différents partenaires qui vont, à leur tour, enrichir les ressources du milieu. En d'autres termes, un phénomène d'interaction lie les réseaux d'innovation et le milieu. Si le milieu représente par ses apports un avantage comparatif, il reçoit en retour des réseaux d'innovation des retombées positives qui contribuent à la structuration et à l'organisation du district technologique dans son ensemble.

L'aspect territorial du district technologique des microtechniques joue ainsi un rôle important dans la mise en place de relations partenariales ayant pour objectif l'innovation. La proximité tant géographique que culturelle favorise la diffusion, mais également l'accumulation des informations que nécessite le processus d'innovation. En ce sens, le milieu procure au district technologique de l'Arc jurassien un avantage comparatif lié au capital relationnel historiquement constitué. Dans cette perspective, le milieu joue un rôle d'incubateur de l'innovation technologique.

Conclusion

L'analyse proposée de l'organisation spatiale des microtechniques dans l'Arc jurassien sous la forme d'un district technologique présente ceci d'original qu'elle n'accorde pas de véritable importance à des causes premiéres exogénes dans la localisation des entreprises, contrairement aux théories classiques de la localisation[1]. Bien sûr, il est toujours possible d'énumérer les conditions physiques d'offre ou de demande qui sont, le plus souvent sinon toujours, à l'origine des localisations industrielles dans certains lieux. Toutefois, si ces facteurs d'ordre physique permettent de décrire une localisation particuliére, ils ne l'expliquent pas. En revanche, ce qui apparaît beaucoup plus important, c'est de détecter les avantages internes d'une localisation particuliére, c'est-à-dire "ceux qu'elle engendre d'elle-même dans le temps, et de déterminer les conditions de sa viabilité, ces deux questions étant à l'évidence

[1] Les théories classiques de la localisation (WEBER, 1929; ISARD, 1956) ont mis essentiellement l'accent sur les problémes de coûts et sur une définition de l'espace en terme de distance physique. Ces approches se sont cantonnées à ne considérer que des facteurs de localisation spécifiques (transports, matiéres premiéres, marché du travail, économies externes, etc.) et ont porté sur des conditions physiques, telles que les caractéristiques du climat et du sol, l'existence de mines et de carriéres dans le voisinage, les facilités d'accés par terre et par eau. Les recherches empiriques développées sur ces bases ont essentiellement procédé par des enquétes visant à mesurer les différents facteurs auprés des entreprises et par des analyses de régression sur ces facteurs et sur des variables plus générales issues des statistiques officielles. Les développements récents de ces modéles ont introduit des facteurs supplémentaires (offre d'équipements et maintenance, etc.). Ces derniers développements de la théorie néo-classique ne dépassent toutefois pas le traitement mécanique de la dimension spatiale introduite par les travaux fondateurs, ni la subordination de la localisation à de strictes relations d'échange marchand. Ces analyses, au mieux, décrivent une localisation, mais ne l'expliquent pas (pour une analyse de la littérature, lire GORDON, 1990).

étroitement imbriquées l'une à l'autre" (GAFFARD et ROMANI, 1990, p. 173).

La question cruciale est, finalement, celle de la pérennité d'une agglomération d'activités productives. Or les avantages dits génériques, souvent d'ordre physique, et en tous cas externes dans le sens où ils ne dépendent pas de l'action des entreprises localisées, ne sont pas une garantie de pérennité. D'une part, de tels avantages ont précisément ce caractére générique qui signifie qu'ils sont réunis dans plusieurs lieux concurrents. D'autre part, ils sont facilement imitables (PORTER, 1990). En revanche, les avantages spécifiques, tels qu'ils ont été envisagés dans cet ouvrage (solidarité spatiale, capacité locale d'innovation, organisation en réseaux, etc.) ont ceci d'essentiel qu'ils sont construits en chemin et porteurs de diversifications et de développements de telle sorte qu'ils assurent la constitution d'un systéme territorial de production stable quoique évolutif quant à ses caractéres matériels. Une telle approche revient, en définitive, à considérer l'espace en tant que variable et non en tant que donnée exogéne dans les processus économiques. En étudiant les microtechniques de l'Arc jurassien en terme de district technologique, c'est cette approche de la localisation qui a été privilégiée.

Au terme de cet ouvrage, un certain nombre d'éléments peuvent être dégagés relativement à l'articulation entre dynamique industrielle et dynamique des territoires. Les lignes qui suivent passent en revue les principaux enseignements retirés.

L'analyse montre que le territoire et plus précisémment le milieu constitue une variable stratégique qui contribue à la dynamique des processus d'innovation indispensables à la pérennité du district technologique en facilitant,

notamment, l'établissement de modes de collaborations locales entre les entreprises. Ces processus d'innovation sont ainsi spécifiques au tissu industriel territorialisé parce qu'ils apparaissent comme résultants des modes d'organisation intra-entreprises tout autant que des relations inter-entreprises locales. Dans cette perspective, prendre en compte la dimension territoriale renvoie à une perception des interdépendances entre agents. Pour cette raison, l'analyse a été centrée sur les modes d'organisation retenus par les entreprises pour concrétiser leurs stratégies d'innovation.

L'étude des processus dynamiques de rétro-actions entre les fonctions de recherche, de conception, de développement, de production et de commercialisation à l'intérieur de la firme (KLINE et ROSENBERG, 1986) permet de comprendre la mise en oeuvre et l'organisation de processus d'apprentissages créateurs de ressources nouvelles et d'innovation. Cependant, la dynamique d'innovation ne saurait être assimilée à un processus strictement intra-entreprise. La répartition des risques, mais aussi les relations nécessaires entre producteurs et utilisateurs, ainsi que le caractère combinatoire et transsectoriel de l'innovation en microtechniques, impliquent que le processus d'innovation résulte d'une dynamique territoriale de coopérations inter-entreprises. Dans ce contexte, le territoire constitue une variable active dans la façon dont se déroulent ces modes de collaborations.

L'ensemble de cet ouvrage insiste largement sur le fait que la notion d'innovation fait nécessairement appel à un processus de collaboration entre différents agents. Il montre, par ailleurs, que ces collaborations peuvent être régies sur une base contractuelle standard, mais que cette dernière ne se révéle pas être une formule systématiquement

satisfaisante. En effet, dès lors qu'un processus d'apprentissage en commun est engagé, la spécification "ex-ante" du contenu du contrat de collaboration est nécessairement incomplète. Le recours à des relations hors marché est alors indispensable. De plus, dés lors que les processus de coopération sont non standardisés et instables, des économies d'échelle importantes résultent des effets de proximité, de la localisation dans un milieu spécifique (GORDON, 1990). Un tel schéma permet d'expliquer le caractère de construction d'un environnement productif et permet de restituer les enjeux économiques de l'environnement territorial. Ce dernier peut être ainsi perçu comme un milieu privilégié pour favoriser l'innovation, c'est-à-dire la cohérence et la viabilité d'une véritable dynamique industrielle. Il est nécessaire de préciser, ici, que l'acceptation de la notion de territoire relève plus d'une approche économique que géographique. En effet, la délimitation du territoire ne se défini pas, ici, à partir de caractéristiques physiques (géographie et topographie d'un lieu) mais sur la base du système d'interdépendances entre acteurs locaux. En d'autres termes, c'est la cohérence du système productif considéré qui sert à définir le concept de territoire et à déterminer, par conséquent, son acceptation géographique.

Afin de qualifier l'organisation et le fonctionnement du district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien, l'analyse proposée se centre sur les modes d'interactions entre les organisations et les institutions présentes dans le district. L'analyse montre que le fonctionnement du district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien en matiére d'innovation peut être apprécié par le caractére combinatoire et complémentaire des activités et des compétences présentes au sein de cet espace. De fait, la capacité du district technologique à innover est liée à l'existence d'externalités spécifiques au contexte territorial

dans lequel les entreprises sont insérées. De telles externalités sont, toutefois, de nature différente des externalités classiques liées aux phénoménes de simple agglomération. En effet, elles résultent des processus d'apprentissage localement engagés entre agents productifs et institutions.

Dans ce contexte, l'analyse montre que la notion de réseau est centrale pour caractériser ces externalités et pour qualifier les mécanismes de dynamique industrielle territoriale conduisant à l'innovation (PERRIN, 1990; CHARBIT et al., 1990). En effet, l'engagement des entreprises dans un processus d'innovation suppose, au-delà des compétences internes, l'utilisation de compétences externes à la firme. Dans ce contexte, un milieu innovateur doit nécessairement engendrer une concentration des échanges, des collaborations, des articulations entre les agents productifs au sein et autour d'une branche d'activités localement dominante sans qu'elle en soit pour autant exclusive. La proximité géographique favorise, ici, les possibilités d'échanges spécifiques entre entreprises, c'est-à-dire se révéle étre un avantage dans la perspective de faire apparaître des innovations (GORDON, 1990).

Par ailleurs, l'existence d'une dynamique interne du marché du travail permet de constituer et de favoriser, territorialement, les conditions d'émergence et d'apprentissage de nouvelles compétences productives. L'analyse montre que l'efficacité du district technologique se mesure non pas à la façon dont il résout les problémes d'affectation quantitative de la main-d'oeuvre en son sein, mais plutôt à la capacité collective de constitution d'une dynamique de marché interne du travail, au sens où l'ensemble de l'espace considéré adhére à un certain nombre de pratiques et de régles comportementales communes. Cette dynamique du marché du travail apparaît étre, par

les échanges qu'elle occasionne, l'une des sources des mécanismes d'apprentissage à la base des processus d'innovation dans le district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien.

Ces deux éléments complémentaires (aspects combinatoires et complémentarité des activités présentes au niveau territorial et dynamique interne spécifique du marché du travail) permettent de mesurer le degré de constitution du district technologique de l'Arc jurassien et d'en apprécier le caractère de viabilité. Un tel cadre d'analyse contribue ainsi à éclairer les enjeux relatifs au fonctionnement du district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien. En effet, le débat à engager est bien celui de la capacité de cet espace productif à se constituer en réseaux d'innovation et à construire localement des modes de relations entre les agents présents qui induisent l'existence d'avantages spécifiques locaux. Une telle grille d'analyse contribue ainsi à qualifier différentes formes d'organisation ou de pratiques en matière d'innovation retenues par les entreprises du district technologique en fonction de l'étendue de leurs chaînes de valeur respectives. C'est un certain nombre d'exemples de formes constatées de cette capacité à se constituer (ou non) en réseaux d'innovation qui sont étudiés dans cet ouvrage.

En centrant la réflexion sur les réseaux d'innovation, l'analyse permet de saisir les processus d'innovation dans le district technologique dans leur globalité en dépassant l'approche traditionnelle du modèle linéaire de l'innovation. Cette démarche met en évidence, en particulier, l'importance et la nature des modes d'interaction entre les différents partenaires impliqués dans un projet d'innovation. L'essai typologique proposé par Maillat et al. (1994) permet de souligner le paralléle entre le degré d'organisation du réseau d'innovation et la nature

de la démarche créatrice. L'évolution et la pérennité du district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien sont ainsi étroitement liées à l'architecture des réseaux d'innovation. Alors que les réseaux avec firme leader permettent essentiellement des apprentissages de type individuel et donc uniquement un approfondissement des savoir-faire des différents partenaires considérés individuellement, les deux autres catégories de réseaux étudiés (réseaux avec firme pivot et réseaux compacts) permettent non seulement cet approfondissement des savoir-faire, mais également leur élargissement. En considérant que l'évolution et la transformation du district technologique sont étroitement liées à ces dynamiques d'apprentissage, on peut en déduire que les différentes formes de réseaux d'innovation n'offrent pas les mêmes potentialités à leur milieu. Si les réseaux trés organisés (réseaux avec firme leader) conduisent à un accroissement en termes de contrôle et de puissance du point de vue industriel, les réseaux plus évolutifs (réseaux avec firme pivot et réseaux compacts) tendent à renouveler le tissu industriel des microtechniques de l'Arc jurassien. Dans tous les cas, ces réseaux d'innovation conduisent à un surplus d'organisation dans le district technologique. Concrètement, ce surplus recouvre des facteurs tels que la mise en place de réseaux de production, une certaine standardisation des produits, un accroissement de la division du travail, une meilleure répartition des responsabilités, des régles permettant le contrôle et l'estimation des prestations des uns et des autres, etc. Cette création d'organisation est fondamentale du point de vue du district technologique, car c'est par elle que se renouvelle le district technologique de l'Arc jurassien, que se créent de nouvelles activités. En définitive, c'est cette création d'organisation qui assure au district technologique sa viabilité à long terme.

Certes, avec ce genre de distinctions, on ne fait qu'avancer des critéres économiques de la localisation industrielle. Mais c'est à partir d'eux qu'il est possible d'envisager différents modes de construction des avantages spécifiques suivant les contextes organisationnels, institutionnels, voire culturels. Le district technologique de l'Arc jurassien est l'un de ces modes de construction d'avantages spécifiques, caractérisé en l'occurrence par un système relationnel particulier au sein de la région concernée, entre les entreprises, les centres de recherche et de formation aussi bien qu'avec des marchés souvent lointains. Mais il n'est que l'un de ces modes. Ailleurs, dans d'autres régions, dans d'autres pays, un héritage organisationnel, institutionnel, culturel et technologique différent entraîne des processus de localisation industrielle différents. En ce sens, le concept de district technologique utilisé tout au long de cet ouvrage, ne saurait en aucun cas être assimilé à un modèle de développement unique voire universel.

Annexes

Annexe 1: liste d'activités microtechniques

3514	Fabrication d'outillage pour machines et d'outillage de précision
3531	Construction de machines de bureau
3532	Construction de machines et d'installations destinées au traitement de l'information
3616	Fabrication de compteurs, d'appareils de mesure, de régulation ou de matériel électromédical
3617	Fabrication d'appareils de télécommunication
3622	Fabrication d'éléments électroniques
3631	Fabrication d'instruments d'optique
3632	Fabrication de matériel photographique ou cinématographique
3633	Fabrication d'appareils de mesure, de contrôle et de régulation
3634	Fabrication de matériel médico-chirurgical et d'appareils orthopédiques
3635	Fabrication d'autres appareils ou instruments de précision
3711	Fabrication d'ébauches de montres
3712	Fabrication de pièces détachées de montres
3713	Fabrication, assemblage de montres
3714	Fabrication de grosse horlogerie
5812	Réparation de montres, d'horloges et d'appareils optiques
5813	Réparations d'appareils photographiques ou électroniques

Source: MAILLAT et al., 1993a

NGAE : codes à quatre chiffres correspondant aux genres d'activités selon la Nomenclature Générale des Activités Economiques (OFS, 1985)

Annexe 2: catégories de produits microtechniques

CTCI	Catégories de produits
695	Outils de précision
751	Machines de bureau
752	Machines de traitement de l'information
759	Parties de machines de bureau et de machines de traitement de l'information
764	Equipement, piéces de télécommunication
774	Appareils électro-médicaux
776	Eléments électroniques
871	Instruments d'optique
872	Appareils médico-chirurgicaux
873	Compteurs
874	Instruments de contrôle et de mesure
881	Appareils photographiques
884	Eléments d'optique
885	Horlogerie

Source: NEMETI et PFISTER, 1994

CTCI : codes à trois chiffres correspondant aux genres d'activités selon la Classification Tarifaire du Commerce International (ONU, 1980)

Annexe 3a: performances sectorielles des six pays de référence en 1989

Secteurs microtechniques	Suisse	RFA	France	Italie	USA	Japon
Horlogerie	14.21	-2.79	-2.66	-4.62	-6.84	2.70
Instr. de contrôle et de mesure	1.53	4.85	-6.25	-9.95	7.39	2.43
Instr. app. médic.-chir.	0.38	0.41	-1.37	-1.01	0.62	0.96
Compteurs	0.15	0.68	-0.03	-0.18	-1.31	0.69
Outils de précision	0.10	2.51	-2.20	-0.57	-3.57	3.82
Instr. optiques/opto-électr.	0.01	0.25	-0.78	-0.40	-1.97	2.90
App., équip. photo	-0.23	-1.90	-2.15	-0.77	-9.65	14.71
App. électro-médicaux	-0.28	3.87	-1.33	-1.34	-4.43	3.52
Elèments optiques	-0.37	-0.59	0.81	1.95	-6.76	4.96
Mach., epp. de bureau	-0.77	-0.81	-3.78	-2.05	-15.84	23.24
Eléments électroniques	-1.45	-9.37	-6.64	-13.19	-30.41	61.07
Part. mach. bur./trait. info.	-3.50	-17.38	-6.90	-0.28	-7.37	35.43
Equip. télécomm., pces	-3.59	-6.11	-3.50	-2.87	-50.66	66.63
Mach. trait. information	-7.88	-26.94	-19.06	-11.64	7.34	58.18

Source: NEMETI et PFISTER, 1994

L'indicateur Ps mesure l'avantage ou le désavantage relatif d'un pays par rapport à l'ensemble des pays de référence dans une production donnée. Il élimine les influences liées à la taille des concurrents, à la différence du *solde relatif* couramment utilisé (MATHIS, 1988). La formule ainsi que les données de base (ONU, 1990) permettant le calcul de l'indicateur Ps figurent ci-après.

Formule de l'indicateur de performances sectorielles Ps:

$$Ps = 1000 * \frac{2(Xi-Mi)N}{(Xt+Mt)Z} - 1000 * \frac{2(Xi-Mi)Z}{(Xt+Mt)Z} * \frac{(Xi+Mi)N}{(Xi+Mi)Z}$$

Ps	:	indicateur sectoriel de performances à l'échenge
N	:	nation
Z	:	zone de référence (ensemble des six nations)
Xi	:	exportations d'un secteur i
Mi	:	importations d'un secteur i
Xt	:	exportations totales (tous secteurs confondus)
Mt	:	Importations totales (tous secteurs confondus)

Donnéee de base du commerce extérieur

Les deux tableaux suivants présentent les données de base (ONU, 1990) du commerce extérieur des microtechniques pour les six pays de référence à partir desquelles l'indicateur de performances sectorielles a été calculé (Cf. **Annexes 3b** et **3c**):

Annexe 3b: commerce extérieur des microtechniques des peys de la zone de référence en 1989 (en mio de $)

Catégories de produits	(1) Suisse		(2) RFA		(3) France		(4) Italie	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export
Outils de précision	273	376	818	1558	522	333	352	385
Mach., app. de bureau	160	80	794	904	662	228	420	204
Mach. trait. information	1248	191	6606	3338	4268	1896	2687	1250
Part. mach. bur/trait. info.	592	194	4152	2599	2524	2209	1339	1754
Equip. télécomm., pces	630	339	2382	2623	1069	1033	848	801
App. électro-médicaux	101	69	674	1348	424	265	281	105
Eléments électroniques	358	224	3900	3540	2333	1943	2716	1336
Instruments d'optique	53	79	204	353	162	102	62	21
Eléments optiques	122	93	473	503	167	348	126	485
Instr. app. médic.-chir.	116	214	821	1129	429	324	293	210
Compteurs	14	52	55	220	36	54	34	21
Instr. contrôle et mesure	657	1363	2057	4281	1507	1249	1626	731
App., équip. photo	94	102	654	656	297	57	158	100
Horlogerie	404	3645	746	771	560	463	624	174
TOTAL mt	4822	7021	24336	23823	14961	10507	11567	7577
TOTAL ind	58222	51549	269883	342372	192484	178846	152913	138503

Source: NEMETI et PFISTER, 1994

Annexe 3b: (suite) commerce extérieur des microtechniques des pays de la zone de référence en 1989 (en mio de $)

Catégories de produits	(5) Etats-Unis		(6) Japon		Total (1) à (6)		Monde	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export
Outils de précision	1133	934	244	998	3342	4585	8239	7221
Mach., app. de bureau	2512	612	56	4009	4604	6037	8566	8887
Mach. trait. information	10630	13343	2149	11615	27588	31634	50932	49078
Pert. mach. bur/trait. info.	8877	10677	1630	8282	19114	25714	39585	40677
Equip. télécomm., pces	9050	4759	1335	14747	15315	24302	36895	36871
App. électro-médicaux	1619	1115	407	997	3506	3899	6206	5300
Eléments électroniques	13346	12398	2860	14123	25513	33564	53529	56398
Instruments d'optique	447	311	198	830	1127	1695	2317	2320
Eléments optiques	1188	387	110	967	2186	2783	3935	3819
Instr. epp. médic.-chir.	1116	1546	529	843	3305	4267	6505	6001
Compteurs	195	67	7	145	342	559	884	798
Instr. contrôle et mesure	3480	7086	1728	3280	11056	17990	25585	24947
App., équip. photo	1617	700	113	2918	2933	4533	5632	5939
Horlogerie	911	238	889	2156	4133	7447	11060	11980
TOTAL mt	56124	54171	12255	65911	124064	169009	259869	260234
TOTAL ind	493195	363812	210840	275173	1377537	1350255	31324593	020295

Source: NEMETI et PFISTER, 1994

Convention : les données sont exprimées selon les prix courants et converties en $ selon le taux de change courant

Total (1) à (6) : commerce pour la zone de référence pour les microtechniques

Monde : commerce international des pays considérés par l'ONU

TOTAL mt : ensemble des catégories de produits microtechniques

TOTAL ind : ensemble de toutes les catégories de produits considérés par l'ONU

Annexe 4: formule du quotient de localisation

$$QLia = \frac{eia / ei}{Ea / E}$$

QL ia	:	quotient de localisation de l'industrie a dans la région i
eia	:	emplois de l'industrie a dans la région i
ei	:	emplois industriels totaux dans la région i
Ea	:	emplois de l'industrie a dans l'ensemble de référence (nation)
E	:	emplois industriels totaux dans l'ensemble de référence (nation)

Le quotient de localisation permet de mesurer, d'une part, le degré de concentration spatiale d'une activité industrielle (en relevant la part totale de l'activité dans les espaces les plus spécialisés) et, d'autre part, dans quelle activité un espace donné est relativement spécialisé par rapport à la norme nationale. Il sert, ainsi, de référence pour mesurer trois types de situations:

QL = 1 : L'activité a a relativement la même importance au niveau régional qu'au plan national. Il n'y a donc pas de spécialisation de la région.

QL > 1 : L'activité a a relativement une plus grande importance au niveau régional qu'au plan national. La région est donc relativement spécialisée par rapport à la norme nationale.

QL < 1 : L'activité a a relativement moins d'importance au niveau régional qu'au plan national.

Annexe 5: évolution de la structure des emplois microtechniques par secteurs dans l'Arc jurassien entre 1985 et 1991

NGAE	Jura bernois		Jura		Neuchâtel		Nord Vaudois		Jura Soleurois	
	1985	1991	1985	1991	1985	1991	1985	1991	1985	1991
3514	1993	1996	333	367	273	277	151	195	782	751
3531	0	0	23	16	302	119	890	0	12	0
3532	74	160	0	0	221	142	0	31	16	5
3616	534	400	7	12	722	485	49	171	326	554
3617	0	26	0	0	675	92	177	82	1929	1647
3622	240	273	111	134	261	289	30	20	42	42
3631	76	80	0	0	55	12	0	3	0	0
3632	0	0	0	0	0	0	40	9	0	0
3633	42	60	0	0	115	159	6	0	53	52
3634	342	282	34	36	60	57	238	286	3	170
3635	373	426	111	151	309	366	63	39	170	34
3711	79	31	130	166	454	414	0	0	15	0
3712	1661	1558	2955	2966	3392	3633	820	1046	491	355
3713	3112	2726	647	672	2948	2954	531	838	2606	2344
3714	213	147	83	63	318	54	2	2	0	0
5812	41	51	0	3	37	23	0	1	16	6
5813	14	5	29	5	32	36	2	11	12	0
TOT.eia	**8794**	**8221**	**4463**	**4591**	**10174**	**9112**	**2999**	**2734**	**6473**	**5960**
TOT.ei	**26167**	**23475**	**10759**	**11134**	**25386**	**23690**	**8377**	**7640**	**12684**	**11818**
QLia	**2.73**	**2.59**	**3.37**	**3.05**	**3.25**	**2.85**	**2.91**	**2.65**	**4.14**	**3.74**

Source: OFS-RFE, 1991

Jura Bernois	:	Districts de Bienne, Büren, Courtelary, Moutier, La Neuveville et Nidau
Jura	:	Canton du Jura
Neuchâtel	:	Canton de Neuchâtel
Nord vaudois	:	Districts de Grandson, Orbe, La Vallée et Yverdon
Jura soleurois	:	*Districts de Soleure et Lebern*
TOT. eia	:	Total des emplois microtechniques dans la région i
TOT. ei	:	Total des emplois industriels dans la région i
QL ia	:	quotient de localisation des microtechniques dans la région i

Annexe 6a: tendances évolutives au niveau des matériaux

Afin d'illustrer l'évolution en cours dans le domaine des matériaux, on peut reprendre certains points mis en évidence par le Bureau d'Economie Théorique et Appliquée (BETA) á l'occasion du projet de recherche FAST DG XII sur les matériaux nouveaux (COHENDET, LEVADOUX, ZUSCOVITCH, 1987). Jusqu'á présent, les matériaux apparaissaient comme la "face cachée des percées techniques". Ne représentant qu'une partie de la valeur ajoutée globale, ils étaient souvent considérés comme un élément secondaire d'un développement technologique plus large. Si les choses ont aujourd'hui changé, ce peut être pour deux raisons principales. D'une part, il est probable qu'on ait pris conscience de l'importance fondamentale des matériaux (même si ceux-ci ne représentent qu'une faible fraction de la valeur ajoutée d'un produit, leurs qualités intrinséques constituent des éléments critiques pour le succés du produit). D'autre part, et c'est sans doute la raison principale, le progrés technique dans le domaine des matériaux a généré une variété extrémement large de matériaux, "un hyperchoix". Ce phénoméne signifie que pour un produit donné, il n'existe plus de matériaux qui s'imposent définitivement; il existe en revanche une concurrence entre plusieurs matériaux parmi lesquels un, pour une fonction donnée et pour un coût donné, sera choisi pendant une certaine période de temps. D'une certaine façon, cette grande variété dans les matériaux annonce la possibilité d'un renversement dans la logique de production : jusqu'à présent, l'amont (matériau) était une donnée pour l'aval (les produits dans lesquels le matériau était incorporé). Aujourd'hui, les conditions semblent réunies pour permettre, à partir de spécifications d'un produit donné, de sélectionner ou de façonner le meilleur matériau possible. Ainsi, il devient de plus en plus difficile au stade industriel de dissocier matériaux, procédés et produits. De façon plus précise, ce qui apparaît véritablement nouveau, c'est l'association d'un matériau avec un procédé de mise en oeuvre pour réaliser un produit ou un objet industriel donné. L'exemple du silicium monocristallin en micro-électronique le montre bien : un matériau ne s'impose pas industriellement sur ses seules qualités intrinséques. Il

s'impose parce qu'un ensemble de procédés bien maîtrisés permettent de le produire et de le mettre en forme de façon compétitive (COHENDET, LEVADOUX, ZUSCOVITCH, 1987).

En ce qui concerne les implications au niveau des matériaux utilisés, on constate actuellement que les exigences toujours plus grandes, au niveau des rapports résistance/masse et rigidité/masse, favorisent l'utilisation de matériaux composites dans l'industrie microtechniques. Selon Burckhardt (1990b), en appliquant les lois de similitudes á la résistance des matériaux, on observe que celles-ci sont favorables à la miniaturisation des pièces. En effet, alors que la masse et par conséquent les forces dues à la gravité diminuent avec le cube des dimensions linéaires, la résistance mécanique diminue seulement avec le carré des dimensions linéaires. L'utilisation de matériaux moins résistants (matiéres plastiques) se trouve ainsi être favorisée et prend une importance croissante dans les procédés portant sur la fabrication de pièces miniatures. L'importance des matériaux dans les procédés de fabrication montre, à nouveau, dans quelle mesure l'évolution du système technique global joue un rôle essentiel dans le développement de l'industrie microtechniques. En effet, celle-ci est, du moins en partie, tributaire des progrés réalisés dans les autres domaines industriels ou dans les autres sciences, en l'occurrence dans le domaine de la science des matériaux. Dans le domaine des microtechniques actuelles, la réalisation d'une fonction principale ou d'ensemble par le biais d'un produit microtechniques (p. ex. instruments ou appareils de mesure) suppose, la plupart du temps, une combinaison de fonctions partielles (magnétique; mécanique; électronique; etc.). Cette combinaison nécessite de plus en plus l'utilisation de pièces á fonctions multiples, ce qui complique considérablement le choix des matériaux et les propriétés requises. En guise d'illustration, nous reprenons l'exemple présenté par Burckhardt (1990b, p. 9) concernant la montre Swatch : "La montre Swatch, ... est caractérisée par son boîtier en matiére synthétique injectée qui porte á l'intérieur le circuit électronique, un moteur pas-á-pas et un jeu d'engrenages mécaniques fabriqués par découpage. Le tout est tenu ensemble et rendu étanche par une technique de soudure à ultrasons. La Swatch est de plus

un exemple où l'attribution d'un type de matériau et d'un type de pièce à une fonction spécifique et unique n'est pas toujours possible. Il y a, par exemple, des conducteurs électriques qui sont munis de trous et qui peuvent ainsi servir de palier à un arbre d'engrenage. Même chose pour une pièce du circuit magnétique du moteur pas-à-pas, qui a également quelques trous servant de paliers. C'est par des astuces de cette nature que les constructeurs de la Swatch ont pu réduire le nombre de pièces de moitié par rapport à un produit de performance équivalente de la concurrence".

Annexe 6b: tendances évolutives au niveau des procédés de fabrication

En reprenant les propos de Burckhardt (1990b), au niveau des implications sur les procédés mêmes, on constate actuellement une tendance vers la recherche de procédés à haute densité de flux d'énergie, du moins dans le cadre de certaines techniques de fabrication (p. ex. le soudage). En appliquant les lois de similitudes au problème de l'échauffement, l'auteur montre que, lorsque l'on échauffe de manière très localisée une partie d'une pièce sans échauffer le reste, la conduction thermique dans cette pièce est le facteur de perdition de chaleur dominant. Ainsi, lors d'une miniaturisation, le flux de chaleur (énergie thermique par unité de temps) doit diminuer proportionnellement avec la dimension linéaire. En revanche, la densité du flux d'énergie doit varier de façon inversement proportionnelle à la taille. En d'autres termes, si l'on souhaite par exemple souder de petites pièces tout en conservant la même distribution de température entre l'endroit de la soudure et le reste de la pièce, les gradients de température (taux de variation de la température en fonction de la distance) à maintenir ainsi que la densité du flux d'énergie thermique à livrer sont inversement proportionnels à la taille des pièces. C'est la raison pour laquelle les hautes densités de flux d'énergie thermique sont à la base des nouvelles techniques d'usinage dans l'industrie microtechniques. Par ailleurs, ces nouvelles méthodes permettent la réalisation de pièces de façon plus rapide et plus économique en énergie. Les résultats obtenus, en particulier dans le soudage, sont caractérisés par une très grande qualité. Toutefois, le coût de ces techniques étant très élevé, leur

diffusion est restreinte et nécessite une production en grandes séries. Dans sa présentation, l'auteur fait également la distinction entre deux types de procédés de fabrication microtechniques : d'une part, les procédés en série et, d'autre part, les procédés en parallèle. Dans le cadre des procédés en série, l'action sur la matière n'est réalisée que sur une partie de la pièce (découpage classique), tandis qu'en ce qui concerne les procédés en parallèle, l'action de divers agents se fait simultanément sur l'ensemble de la pièce à usiner ou porte sur la fabrication de plusieurs pièces en même temps (emboutissage; photolithographie; etc.). En ce qui concerne les tendances actuelles, on constate que l'industrie microtechniques orientée vers la production de masse se dirige vers l'utilisation de techniques basées sur des procédés en parallèle. Ces techniques, en diminuant le nombre des opérations, permettent une réalisation plus rapide et, plus économiques en énergie, elles réduisent les coûts. Les procédés en parallèle sont, toutefois, relativement peu flexibles et ils nécessitent de gros investissements, ce qui ne les rend véritablement efficaces que dans des processus de fabrication de très grandes séries.

Annexe 6c: principales techniques d'usinage en microtechniques

	PROCEDES EN SERIE	PROCEDES EN PARALLELE
TECHNIQUES CLASSIQUES	Formage par enlèvement de copeaux	Formage par emboutissage
	Formage par découpage	Formage par découpage mécanique
	Formage par électro-érosion par fil	Formage par coulage dans un moule
	Soudure conventionnelle • par résistance électrique • par échauffement • par induction haute fréquence	Formage par injection dans un moule
		Formage par frittage
		Formage à froid (Al)
		Formage par photolithographie (micro-usinage)
		Formage par électro-érosion par matrice
		Traitement de surface conventionnel (méthodes galvaniques)
TECHNIQUES NOUVELLES	Formage par évaporation moyennant un rayon focalisé et guidé (trajectoire contrôlée) • perçage et/ou découpage par rayon laser • perçage et/ou découpage par rayon plasma	Perçage aux ultrasons
		Soudure aux ultrasons
	Formage par destruction mécanique par jet d'eau (trajectoire contrôlée)	Traitement de surface • durcissement en surface par rayon laser • application de couches par rayon laser • application de couches par flamme de plasma • application de couches par techniques de recouvrement CVD ou PVD • nettoyage par ultrasons
	Soudure non conventionnelle • soudure par microflamme • soudure par rayon plasma • soudure par faisceau d'électrons	

Source: MAILLAT et al., 1993

Annexe 6d: Importance de l'assemblage en microtechniques

Par assemblage, il faut comprendre toute opération établissant des liaisons physiques entre les différents composants d'un produit microtechniques. La vérification de la conformité de la liaison fonctionnelle résulte, quant à elle, des opérations de contrôle et de test, sujet qui ne sera pas abordé ici. L'assemblage constitue la dernière phase du processus de fabrication et la réussite de cette opération dépend de l'ensemble des étapes précédentes (conception-fabrication). Selon Bourjault (1988), l'industrie microtechniques se caractérise par de nombreuses opérations d'assemblage particulièrement coûteuses et grevant fortement les prix de revient. C'est à ce stade que la concurrence se fait le plus vivement sentir et se situe à deux niveaux : d'une part, au niveau des pays à faible taux de salaire et, d'autre part, au niveau des entreprises fortement automatisées. Compte tenu du coût de la main-d'oeuvre et de l'importance de l'assemblage, celui-ci constitue une part importante du prix de revient des produits microtechniques. Dans cette perspective, l'assemblage est une étape importante dans l'élaboration d'un produit au même titre que l'usinage des piéces constituantes et de ce fait mérite une réflexion, d'autant plus que les opérations d'assemblage dans le domaine des microtechniques, par leur caractére répétitif, rendent souvent possible un assemblage automatique. La notion d'automatisation fait appel à deux types d'opérations fondamentales: l'usinage et l'assemblage. Si l'automatisation de l'usinage est déjà réalisée sur une grande échelle (de nombreuses entreprises ayant déjà acquis des équipements de production automatisés et flexibles), force est de constater qu'en ce qui concerne l'assemblage, bon nombre d'entreprises ont encore recours à l'assemblage manuel. Si l'assemblage manuel constitue une solution rapidement mise en oeuvre et souvent attrayante grâce à la dextérité et la flexibilité des opérateurs humains, une telle solution n'est toutefois pas sans présenter certains problémes quant á son coût, en particulier dans le cas d'une production de séries moyennes à grandes. A ce niveau, on peut distinguer deux composantes principales du coût d'une telle solution : d'une part, les problémes qualitatifs, un opérateur humain

étant plus sujet à l'erreur qu'un automate et, d'autre part, le coût proprement dit de la main-d'oeuvre qui, dans les pays industrialisés, grève fortement les prix de revient. En ce qui concerne la qualité, Michel (1988) considère que les exigences actuelles du marché en la matière, et plus particulièrement en ce qui concerne le rapport qualité/prix des produits, nécessitent l'utilisation de l'automatisation de la production et de l'assemblage. Au niveau du coût de la main-d'oeuvre, la démarche visant à exporter la fabrication et/ou l'assemblage dans des pays à bas taux de salaire en vue de réduire les coûts n'est pas sans problèmes. En effet, une telle démarche risque à terme de se solder par un transfert de savoir-faire et, à la limite, par la perte du marché. De même, on peut parfois se demander si une telle démarche n'aboutit finalement pas à une perte de la maîtrise des coûts.

Le but, ici, n'est pas de faire l'apologie de l'assemblage automatique, mais plutôt de présenter quelques éléments de réflexion quant au problème de l'assemblage dans l'industrie microtechniques. D'emblée, il s'agit de distinguer la mécanisation de l'automatisation. En effet, si la mécanisation consiste en une tentative de remplacement de l'homme par la machine par imitation et sans analyse, l'automatisation, quant à elle, consiste en une tentative de remplacement de l'homme par la machine qui repose sur l'analyse d'un processus à formaliser (FIGOUR, 1988). L'objectif visé par l'introduction au sein de l'entreprise d'un système de montage automatique consiste en l'amélioration de trois éléments fondamentaux pour le maintien de la compétitivité face à la concurrence. Il s'agit de la productivité, de la qualité et de la flexibilité. Les contraintes de marché (prix; délais; performances) et la durée de vie particulièrement courte des produits microtechniques nécessitent une réalisation des produits aussi rapide que possible. L'élaboration de produits microtechniques nécessite ainsi une intégration toujours plus poussée des diverses phases du processus de production (conception - développement - fabrication - assemblage) en vue de sortir le bon produit (performances) au bon moment (délai). C'est pourquoi il est indispensable, dès les premières phases de conception, de prendre en compte les contraintes imposées par la fabrication, les techniques de fabrication à disposition ainsi que celles du

montage. Cette approche nouvelle débouche sur une reconsidération des phases de conception et de fabrication en séries en vue d'une automatisation de l'assemblage. Ainsi, les solutions techniques adaptées à l'automatisation semblent être, à l'heure actuelle, déterminantes dans un objectif de maintien de la compétitivité, dans la mesure où elles permettent de concurrencer efficacement des pays où la production est essentiellement basée sur une main-d'oeuvre à faible taux de salaire. Dans le domaine des microtechniques, l'intégration conception - fabrication est quasi rendue nécessaire par l'évolution constante en matière de techniques de fabrication qui raccourcissent les cycles de vie des produits. La nécessité d'intégration entre les différentes phases d'un projet provient du fait que l'automatisation de l'assemblage requiert une formalisation rigoureuse du processus que l'on souhaite automatiser et nécessite que le produit en question et les composants qui le constituent soient prévus pour leur assemblage automatique. On peut reprendre, ici, les propos de Clavel (1988, p. 116) : "Un produit doit répondre à un besoin (un certain nombre de fonctions) défini par un cahier des charges et être distribué dans un marché qui évolue à une vitesse de plus en plus grande sous la pression de la concurrence et de l'apparition de nouvelles technologies. Ces conditions soumettent la création de nouveaux produits à des contraintes impératives de délais, de performances et de prix avec pour conséquence la nécessité de disposer d'un appareil de production automatisé et flexible. Il y a donc lieu de prendre en compte dès la conception du produit le fait qu'il sera, totalement ou partiellement [N.A. : l'atelier flexible d'assemblage peut partaitement comporter des opérations manuelles, des robots et des chaînes d'assemblage automatisées], fabriqué et monté de façon automatique". Un haut niveau de collaboration est ainsi indispensable à tous les stades de l'élaboration du dispositif en question. Cette étroite collaboration est non seulement indispensable pour comprimer les délais mais également impérative pour que les solutions choisies lors de toutes les étapes du développement représentent le meilleur rapport performance-coût (CLAVEL, 1990). Remarquons à cet égard qu'une réflexion en parallèle tant au niveau de la conception que de la fabrication permet souvent un gain sur les coûts du produit et/ou sur les coûts de l'outillage

entraînant finalement une diminution de coût de production et d'outillage. La démarche de l'automatisation de l'assemblage doit conduire à une remise en cause globale du processus de production et du produit lui-même. La principale difficulté à laquelle on se heurte concerne la conception même du produit à assembler. La démarche de remise en cause globale et d'analyse systémique doit être réalisée dés le départ, c'est-à-dire dés la conception du produit. Dans cette optique, le produit fini doit être considéré comme un ensemble de composants, élémentaires ou non (micromécaniques; micro-électroniques), liés entre eux.

La limitation des équipements automatiques nécessite la conception de produits adaptés à un assemblage automatique. Selon Claval (1988, p. 116), il faut "penser montage automatisé lors de la conception du produit". Cette démarche apportera dans tous les cas des avantages importants, même si les opérations d'assemblage se feront manuellement. La mise en place d'une chaîne de montage automatique coûte extrêmement cher, ce qui constitue un frein d'entrée considérable à l'automatisation des entreprises (en particulier des PME). Du fait de son coût et les contraintes de rentabilité induites, l'assemblage automatisé s'applique donc essentiellement à des productions industrielles de séries moyennes à grandes, contrainte restreignant encore le nombre d'entreprises susceptibles d'utiliser ce type d'assemblage. Pourtant, et contrairement à un discours souvent prononcé considérant que la Suisse doit se spécialiser dans l'industrie du "sur mesure" et donc des petites séries en fabriquant des équipements coûteux et complexes, il semble que dans le domaine de l'industrie microtechniques des possibilités de fabrication en grandes séries soient parfaitement réalisables. Michel (1988) va d'ailleurs plus loin et considére que la conception et la fabrication de machines automatiques performantes (créneau de l'industrie suisse) nécessitent la connaissance pratique des conditions d'utilisation de telles machines. Dans cette perspective, c'est l'utilisateur final, confronté aux problémes, qui peut apporter des éléments de réponses. "Penser que la Suisse va devenir un laboratoire d'essais et un fournisseur d'équipements trés perfectionnés auprés duquel viendront s'approvisionner tous ceux qui, de l'Europe à l'Asie,

voudront automatiser leur fabrication, c'est oublier les régles élémentaires de la synergie entre produits et procédés" (MICHEL, 1988, p. 2). En d'autres termes, pour que l'industrie des machines et des automates reste compétitive, il est indispensable que celle-ci soit en contact direct avec les utilisateurs. Nous pouvons à cet effet reprendre les expériences réalisées dans l'horlogerie : c'est parce qu'il existait une industrie horlogére développée et utilisatrice de machines sophistiquées que l'industrie des machines a pu se développer et se maintenir compétitive sur le plan international en améliorant et en innovant dans ces produits, grâce é la proximité existante entre l'offre et la demande.

Annexe 7a: liste des principaux centres de recherche et de formation en microtechniques

Institut de microtechniques de l'Université de Neuchâtel (IMT_{NE})
Département de microtechniques de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (DMT_{VD})
Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique de Neuchâtel (CSEM)
Ecole d'ingénieurs de Bienne
Ecole d'ingénieurs de Buchs
Ecole d'ingénieurs de Genéve
Ecole d'ingénieurs du canton de Neuchâtel (Le Locle)
Ecole d'ingénieurs de Saint-Imier
Ecole d'ingénieurs de l'Etat de Vaud (Yverdon-les-Bains)

Source: MAILLAT *et al.*, 1993

Annexe 7b: principaux domaines de recherche (IMT_{NE})

Domaines de recherche	
Métrologie optique à haute résolution	Applications des méthodes de l'optique cohérente (sources lasers, interférométrie) et de la détection opto-électronique pour la détermination des grandeurs mécaniques à haute résolution (µm; nm)
Optical computing	Méthodes optiques pour le traitement de l'information, fonctions optiques dans l'ordinateur, application à des problèmes de reconnaissance associative et d'intelligence artificielle
Holographie	Application des méthodes holographiques à l'interférométrie et à la lithographie de haute résolution (< µm), développement et réalisation des hologrammes synthétiques et des éléments optiques holographiques
Fibres optiques	Caractérisation des fibres optiques monomodes et des diodes lasers en vue d'applications cohérentes
Reconnaissance de formes	Méthodes et systèmes de vision automatique, reconnaissance de formes à 2 et 3 dimensions en temps réel; application au contrôle de qualité, à la surveillance, à la robotique. Méthodes et algorithmes pour la reconnaissance de la parole et du locuteur en temps réel; codage de la parole; application à la commande d'instruments et aux télécommunications
Traitement numérique du signal et de l'information en temps réel	Développement de méthodes d'aide à la conception de système intégrés VLSI pour le TNSTR
Etude des signaux, des systèmes et des circuits	Etude des applications potentielles à l'instrumentation et aux télécommunications
Capteurs et actuateurs intégrés en silicium	Conception, fabrication et caractérisation des capteurs et actueteurs intégrés en silicium; développement et carectérisation des processus spéciaux nécesseires à la fabricetion des capteurs et actuateurs intégrés en silicium; intégration de capteurs et actuateurs avec des éléments de traitement des signeux (amplificateurs; systèmes logiques; etc.)
Electronique générale, photovoltaïque	Fabrication, caractérisation et application de cellules solaires photovoltaïques en vue de l'approvisionnement en énergie électrique
Technologie du silicium amorphe	Déposition de couche mince de silicium amorphe

Source: MAILLAT et el., 1993

Annexe 7c: principaux domaines de recherche (DMT_{VD})

Domaines de recherche	
Assemblage automatique	mise en place d'une installation avec transfert automatique et plusieurs postes d'assemblages
Simulation CAO	simulation CAO de chaînes d'assemblage et de flux de fabrication
Robotique	applications industrielles et développement de nouvelles structures mécaniques
Vision par ordinateur	applications industrielles et projets liés à la robotique
Capteurs	mesure de force et du couple basée sur une mesure capacitive
Instrumentation médicale	capteurs de glissement pour prothèses, robots pour la neurochirurgie

Source : MAILLAT et al., 1993

Annexe 7d: principaux domaines de recherche (CSEM)

Domaines d'activités	
Micro-électronique	Conception, développement et mise en production de circuits intégrés à la demande (ASIC) pour les applications à trés faible puissance de consommation et á faible tension. Conception de circuits intégrés. Fabrication d'ASIC et de capteurs. Développement de procédés de fabrication. Développement de technologies de fabrication, d'interconnexion et d'encapsulation. Conception et réalisation de microstructures, etc.
Opto-électronique et systémes optiques	Fibres optiques; optique intégrée; systéme optique pour des applications utilisant un laser; développement et fabrication de prototypes d'éléments optiques diffractants (hologrammes); manipulation et assemblage de composants opto-électroniques.
Capteurs, actuateurs et microstructures	Capteurs d'accélération, de champ magnétique, de distance, d'humidité, d'irradiation de lumiére, de pression, de proximité, de radiation ionisante, de température et de flux thermique ainsi que d'activité chimique et de gaz. Technologie micromécanique du silicium. Détecteurs optiques. Microvolets électromécaniques pour affichage et applications optiques. Actuateurs piézo-électriques. Résonateurs á quartz, etc.
Matériaux et micromécanique	Développement de procédés de dépôt en phase vapeur par voie chimique (CVD) ou physique (PVD) et procédés électrochimiques. Ingénierie d'application de technologies de modification de surface (corrosion, jonction, tribologie). Développement de lubrifiants et tests tribologiques. Nouveaux matériaux (céramiques fines, supraconducteurs, diamant). Technologies de fibres optiques spéciales. Instrument pour la caractérisation de revêtements (adhérence, microdureté, tribologie et épaisseur) et pour application en métrologie et en environnement. Sous-ensembles mécaniques pour instrumentation spatiale, etc.

Source : MAILLAT et al., 1993

Annexe 9: méthodologie d'enquête

L'auteur du présent ouvrage s'est engagé, vis-à-vis des firmes interrogées, á préserver la confidentialité des entretiens réalisés. C'est la raison pour laquelle aucune des entreprises ayent participé á l'enquête n'est citée nommément dans cet ouvrage.

L'enquête réalisée d'avril à juin 1994 porte sur un échantillon de seize entreprises toutes actives en microtechniques et dont le siège social est situé dans l'Arc jurassien. Les lignes qui suivent décrivent successivement les critères de sélection des entreprises interrogées, les modalités de déroulement des entretiens, les critéres de construction du guide d'entretien et les modalités de construction de la typologie.

Critères de sélection des entreprises

Le choix des entreprises est fondé sur une sélection multi-critéres. L'objectif de l'enquête étant d'identifier les pratiques poursuivies par les entreprises en matiére d'innovation, le premier critére consiste á sélectionner des entreprises engagées dans un processus d'innovation. A cet égard, deux types d'entreprises sont prises, ici, en considération: d'une part, des entreprises procédant á des innovations de produits (amélioration de produits existants et/ou création de nouveaux produits) et, d'autre part, des entreprises procédant á des innovations organisationnelles (réorganisation des fonctions internes -développement, production, vente- et externes des entreprises -gestion des ressources extérieures- en vue d'accroître l'efficacité, d'améliorer le soutien d'un produit ou encore d'en diminuer les coûts).

Le deuxiéme critére de sélection concerne la taille des entreprises interrogées. L'échantillon regroupe des entreprises dont la taille est caractéristique de l'industrie des microtechniques de l'Arc jurassien, á savoir quelques grandes entreprises et des PME (**Tableau 1**).

Tableau 1: répartition des entreprises interrogées selon la taille

Nombre d'emplois	>200	20 - 80	1 - 8	Total
Nombre d'entreprises interrogées	5	7	4	16

Le troisième critère de sélection concerne les secteurs d'activités des entreprises interrogées. A cet égard, les secteurs d'activités de l'échantillon recouvrent la diversité des activités microtechniques que l'on rencontre dans l'Arc jurassien. Les entreprises interrogées se répartissent sur douze secteurs d'activités microtechniques (**Tableau 2**).

Tableau 2: secteurs d'activités couverts par les entreprises interrogées

Secteurs d'activités	Nb. entr.
Automatisation et chaînes d'assemblage	1
Electro-érosion	1
Etampage de précision	2
Outillage de précision	1
Moules et micro-injection de pièces et de systèmes plastiques	2
Microsystèmes d'entraînement	2
Appareils de traitement automatique et optique de données	2
Horlogerie industrielle (systèmes de mouvements horaires)	1
Informatique et électronique industrielle	1
Micromécanique	1
Systèmes de mesure capacitif (capteurs)	1
Téléthèses	1

Sur la base de ces trois critères (innovation, taille, secteur d'activités), la sélection proprement dite des entreprises

interrogées a été effectuée à partir de trois sources complémentaires d'information.

La première source concerne les articles de presse locale présentant des entreprises microtechniques de l'Arc jurassien qui sont engagées dans des projets d'innovation. Il est intéressant de noter que, dans l'Arc jurassien, les médias constituent une source importante d'information concernant le tissu industriel régional. En effet, la presse répercute régulièrement et de manière relativement systématique les innovations réalisées par les entreprises régionales.

La seconde source d'information concerne le fichier d'entreprises mis á jour par l'Institut de Recherches Economiques et Régionales qui recense la plupart des entreprises industrielles de l'Arc jurassien et qui fournit des renseignements relativement détaillés sur chacune d'entre elles.

La troisiéme source concerne les contacts personnels et professionnels que l'auteur a eu l'occasion d'établir de 1990 á 1994 dans le cadre de ses activités de recherche sur l'industrie suisse des microtechniques pour le compte du Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique (Programme National N° 28).

Cette procédure de sélection des entreprises est motivée par le fait qu'il n'existe, á l'heure actuelle, aucune statistique officielle sur les entreprises engagées dans des processus d'innovation.

Modalités de déroulement des entretiens

Les entretiens ont été réalisés directement auprés des directeurs des entreprises sélectionnées. Le choix des personnes interrogées (les directeurs plutôt que les collaborateurs) est justifié par la taille restreinte de la plupart des entreprises de l'échantillon. En effet, dans le cas des PME (11 entreprises sur 16) on peut raisonnablement admettre que le directeur posséde une vision á la fois globale et suffisament précise de la réalité de son entreprise pour fournir un témoignage d'enquête pertinent. Toutefois, en ce qui concerne les entreprises plus

importantes (5 entreprises sur 16), il est vrai que le témoignage exclusif du directeur peut comporter certains biais. En effet, la complexité accrue des grandes firmes, rend difficile, pour une unique personne, une vision exacte de la réalité.

Fondées sur un guide d'entretien (Cf. **Annexe 9**), les questions posées aux chefs d'entreprises sont de type semi-directif laissant une large place aux commentaires personnels des personnes interrogées. Pour chacune des entreprises interrogées, les réponses obtenues ont fait l'objet d'une retranscription sous forme d'un procés-verbal.

Critères de construction du guide d'entretien

Le guide d'entretien a été élaboré à partir des éléments théoriques discutés dans le Chapitre 4 á propos du modéle de liaison en chaîne de l'innovation. Aprés une série de questions d'ordre général concernant l'entreprise interrogée (carte de visite, types de produits, de marchés et état de la concurrence), le guide d'entretien reprend chacune des phases de la chaîne centrale de la firme (idéation, conception, production, commercialisation). Le guide d'entretien proprement dit figure en **Annexe 9**.

Le guide d'entretien permet de cerner, pour chaque entreprise interrogée, deux aspects complémentaires. D'une part, les contraintes techniques et de marchés auxquelles les entreprises sont confrontées et qui constituent le cadre d'action des entreprises en matiére d'innovation. D'autre part, les modalités de réalisation de l'innovation d'un point de vue organisationnel. Dans cette perspective, le guide d'entretien met en évidence les divers acteurs intervenant à chaque stade du processus amont-aval de l'innovation, leurs rôles et les apports mutuels ainsi que le type de relations qu'ils entretiennent. Le guide d'entretien étudie ainsi les pratiques poursuivies par les entreprises interrogées en matiére d'innovation en portant l'accent sur les relations internes et externes qu'elles entretiennent aux différentes phases du processus d'innovation.

Modalités de construction de la typologie

Les entretiens réalisés fournissent des informations concernant les chaînes centrales respectives des entreprises interrogées. Ces informations portent, notamment, sur les modalités de leur organisation interne et externe (relations en retour courtes et longues entre départements et entre partenaires), sur les compétences clés relatives et sur les relations de la firme avec son environnement technique et de marché. Les résultats obtenus permettent de dresser une typologie des entreprises microtechniques en fonction de leurs pratiques en matière d'innovation. En l'occurrence, cette typologie répartit les entreprises interrogées en trois groupes en fonction d'une analyse de leurs chaînes centrales. Ce sont les résultats des entretiens eux-mêmes qui ont fait ressortir les critères typologiques déterminants. En mettant en évidence les maîtrises différenciées (maîtrise complète, partielle ou restreinte) des chaînes centrales des entreprises, la typologie illustre les stratègies de production et d'innovation poursuivies par les entreprises, leur accessibilité aux marchés, leurs modes d'organisation en matière d'innovation (intensité d'intégration des phases du processus d'innovation) ainsi que la nature des innovations réalisées.

En aboutissant à la construction de trois cas de figure, ou "idéals-types", l'enquête fournit ainsi une clé d'explication générale concernant le comportement des entreprises microtechniques interrogées en matière d'innovation. Bien que reposant sur un échantillon limité d'entreprises, cette typologie peut raisonnablement être étendue à la plupart des entreprises du district technologique des microtechniques de l'Arc jurassien

Annexe 9: guide d'entretien

1. Renseignements généraux sur l'entreprise

Raison sociale
Adresse et tél.
Nom et fonction des personnes interrogées
Secteur d'activité principal

Type d'établissement (unique, principal, secondaire)
Fonctions exercées dans l'entreprise (administration, R&D, fabrication, assemblage, commercialisation)
Appartenance à un groupe
Dépendance stratégique
Produit principal (produit fini, composant, systéme)
Technologies principales utilisées (micromécanique, micro-électronique, optique, informatique)
Nombre d'employés
Chiffre d'affaires
Exportations (% du CA)
Clients (PME, GE, Etats, particuliers)

2. Types de produits, de marchés et état de la concurrence

Description des produits réalisés par l'entreprise (fonctions, propriétés).

Les produits sont-ils des produits finis, des composants, des systémes? Les produits sont-ils "taillés sur mesure" de cas en cas (production à la commande) ou s'agit-il de produits de masse standardisés (avec ou sens options)? L'entreprise vend-elle un produit-service ou de la technique?

A quels marchés les produits sont-ils destinés (régional, national, international)? Quelle est la taille de ces marchés? Quel est le type de la clientéle visée (particuliers, PME, grandes entreprises, états)? Dans le cas d'un produit intermédiaire (systéme, composant), quels sont la destination et l'usage finals des produits?

Les exigences des clients ont-elles fortement évolué ces derniéres années? Pour quelles raisons (pratique de la concurrence, progrés technique)? A quels critéres les clients sont-ils les plus sensibles: le prix, la qualité, le service aprés-vente, la variété (options, produits modulaires)?

Quel est l'état de la concurrence (localisation des principaux concurrents)? Sur quels aspects des produits-services la concurrence fait-elle le plus pression: la qualité, la variété, les délais, les coûts, l'innovation?

3. Phase d'idéation

Comment vient l'idée d'un nouveau produit (invention, opportunités en termes techniques, opportunités en termes de marchés, observation de la concurrence)?

Quelles personnes à l'interne interviennent-elles à cette phase (R&D, production, commercialisation, groupe de projet)?

Quelles personnes/entreprises externes interviennent-elles à cette phase (clients, fournisseurs, sous-traitants, centre de recherche, concurrents)? Selon quelles modalités interviennent-elles (relations formelles, informelles, marchandes, non marchandes)? Localisation des intervenants (milieu, extérieur, étranger)? Comment l'entreprise entre-t-elle en contact avec ces personnes/entreprises (collaboration préexistante)? Quelles sont leurs fonctions? Quels sont leurs apports? Que retirent-elles de la collaboration?

Comment (modalité de transmission de l'information) et par qui sont appréciées la faisabilité et la rentabilité de l'idée (hiérarchie, départements, groupe de projets)?

4. Phase de conception-développement

Au stade de la conception, comment procéde-t-on pour assurer l'adéquation entre le produit et son marché? Quels critéres utilisez-vous pour définir les besoins et exigences des clients (analyse fonctionnelle, couplage des besoins et exigences du marché aux fonctions et propriétés requises)? Ces besoins sont-ils trés variables (production à la commande)? Sont-ils prévisibles (production modulaire)?

Les clients sont-ils impliqués au stade de la conception? Si oui, selon quelles modalités interviennent-ils? Quels sont leurs apports? Que retirent-ils de cette participation?

Quelles fonctions internes de l'entreprise sont-elles concernées au stade de la conception (R&D, production finance, vente)? Un élément est-il dominant, prioritaire, et si oui, pourquoi? Quelles sont les relations entre les

concepteurs et les autres fonctions de l'entreprise (production, vente)?

Au stade de la conception, l'entreprise maîtrise-t-elle, à l'interne, l'ensemble des compétences nécessaires (design)? Quelles sont-elles? Quels sont les éventuels partenaires extérieurs (fournisseurs, sous-traitants, centres de recherche)? Où sont-ils localisés? Quelle est la nature de la relation entretenue avec ces partenaires (relation de marché, partenariat, contrat, confiance)? Quel est le rôle de ces partenaires et quelles sont les modalités d'intervention de ceux-ci dans la phase de conception-développement? Quels sont leurs apports (savoir-faire et compétences) et que retirent-ils de leur participation?

5. Phase de production

Quelles fonctions internes de l'entreprise sont-elles concernées lors de la production (R&D, production, finance, vente)? Un élément est-il dominant, prioritaire, et si oui, pourquoi? Quelles sont les relations entre les producteurs et les autres fonctions de l'entreprise (conception, vente)?

Les clients sont-ils impliqués au stade de la production? Si oui, selon quelles modalités interviennent-ils? Quels sont leurs apports? Que retirent-ils de cette participation?

Au stade de la production, l'entreprise maîtrise-t-elle, à l'interne, l'ensemble des compétences nécessaires (production, assemblage)? Quelles sont-elles? Quels sont les éventuels partenaires extérieurs (fournisseurs, sous-traitants, centres de recherche)? Où sont-ils localisés? Quelle est la nature de la relation entretenue avec ces partenaires (relation de marché, partenariat, contrat, confiance)? Quel est le rôle de ces partenaires et quelles sont les modalités d'intervention de ceux-ci dans la production? Quels sont leurs apports (savoir-faire, compétences) et que retirent-ils de leur participation?

De quelle marge de manoeuvre l'entreprise dispose-t-elle pour standardiser sa production et assurer une production de grandes séries? Comment cette standardisation s'effectue-t-elle?

6. Phase de commercialisation

Quelle est la maîtrise commerciale de l'entreprise vis-à-vis de son produit? L'entreprise connaît-elle la destination et l'usage final de son produit? En dehors de son produit, quels services l'entreprise fournit-elle à son marché?

Quel contact l'entreprise entretient-elle avec le marché final de son produit? De quelles relations en retour l'entreprise peut-elle bénéficier de la part de son marché? Comment, avec quelle rapidité et auprés de qui sont répercutés ces relations en retour au sein de l'entreprise ainsi qu'auprés de ses partenaires (fournisseurs, sous-traitants, centres de recherche)?

De quels canaux de distribution et de commercialisation l'entreprise dispose-t-elle? Comment se fait la recherche de nouveaux débouchés? De quels réseaux d'informateurs l'entreprise dispose-t-elle? Quelle est la nature de ces débouchés?

Bibliographie

AKRICH M. et al. 1992.-**Ces réseaux que la raison ignore**.- Centre de sociologie de l'innovation, Paris: L'Harmattan

AMENDOLA M. et GAFFARD J.-L. 1988.-La **dynamique Economique de l'Innovation**.- Paris: Economica

AMENDOLA M., GUERRIERI P. and PADOAN P.-C. 1991.- **International Patterns of Technological Accumulation and Trade**.- Paper presented at 18th Annual Conference of the European Association for Research in Industrial Economics, Ferrara Italy, Sept. 1-3

AMIN A. et ROBINS K. 1992.-Le retour des économies régionales ? la géographie mythique de l'accumulation flexible, in: BENKO G. et LIPIETZ A. (éds.), **Les régions qui gagnent**, pp.123-161.- Paris: PUF

AMIN A. and THRIFT N. 1993.-Globalisation, Institutional Thickness and Local Prospects.- **Revue d'Economie Régionale et Urbaine** 3, pp. 405-427

ANTONELLI C. 1986.-Technological districts and regional innovation capacity.- **Revue d'économie régionale et urbaine** 5, pp.695-705

ARENA R., DE BANDT J. et BENZONI L. (éds.) 1988.- **Traité d'Economie Industrielle**.- Paris: Economica

ARTHUR W.B. 1990.-Silicon Valley Locational Clusters: When Do Increasing Returns Imply Monopoly?.- **Mathematical Social Sciences** 19, pp. 235-251

ASMT 1987.-**Etude Microtechnique 1987**.- Association Suisse de Microtechnique, Bulletin 11

AYDALOT Ph. (éd.) 1986.-**Milieux Innovateurs en Europe**.- Paris: GREMI

AYDALOT, Ph. and KEEBLE, D. (éds.) (1988).-**High Technology Industry and Innovative Environment: The European Experience**.-London: Routledge

BAGNASCO A. 1977.-***Tre Italie*. La problematica territoriale dello sviluppo economico italiano**.- Bologna: Il Mulino

BAGNASCO A. 1988.-**La costruzione sociale del mercato: studi sullo sviluppo di piccola impresa in Italia**.- Bologne: Il Mulino

BECATTINI G. 1979.-Dal settore industriale al distretto industriale. Alcune considerazioni sull'unita di indagine dell'economia industriale.- **Rivista di economia e politica industriale**, vol.5, N°1, pp.7-21

BECATTINI G. (éd.) 1987.-**Mercato e forze locali: il distretto industriale**.- Bologna: Il Mulino

BECATTINI G. 1990.-The marshallian industrial district as a socio-economic notion, in: PYKE F. and BECATTINI G. (éds.), **Industrial districts and inter-firms cooperation in Italy**, pp.37-51.- Genéve: Bureau International du Travail

BELLANDI M. 1982.-*Il distretto industriale in Alfred* Marshall.- **L'Industria**, vol.III, N°3

BELLANDI M. 1989.-**Small firms and industrial districts in Italy**.- London: Routledge

BERNER G. 1961.-**Dictionnaire professionnel illustré de l'horlogerie**.- La Chaux-de-Fonds: Chambre Suisse de l'Horlogerie

BOURJAULT A. 1988.-Conceptualiser l'assemblage, in: **Journées de Microtechnique 1988, Conception de produits en vue d'un montage automatique**, pp.59-74.- Institut de microtechnique, Lausanne: EPFL

BRUN R. 1985.-Approche systémique, industrie et région.- **Revue d'économie régionale et urbaine** 1, pp.119-126

BULLETIN SSC 1990.-L'association suisse pour la recherche horlogére.- **Bulletin SSC**, N°3

BURCKHARDT Ch.W. 1990a.-La microtechnique c'est..., in: **Polyrama 84**, Microtechnique, pp.3-4.- Lausanne: EPFL

BURCKHARDT Ch.W. 1990b.-Les différentes techniques de fabrication, in: **Journées de Microtechnique 1990, les techniques de fabrication en microtechnique**, pp.7-16.- Département de microtechnique, Lausanne: EPFL

CALLON M. 1992.-Networks and Dynamics Models of Adoption, in: FREEMAN C. and FORAY D. (éds.), **Technologie et richesse des nations**.- Paris: Economica

CAMAGNI R. 1991.-Local "milieu", uncertainty and innovation networks: towards a new dynamic theory of economic space, in: CAMAGNI R. (éds.), **Innovation Networks: spatial perspectives**, pp.121-144.- London: Belhaven Press

CHANDLER A. 1993.-**Scale and Scope: The dynamics of Western Managerial Capitalism**.- Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press

CHARBIT, C., GAFFARD, J.L., LONGHI, C., PERRIN, J.C., QUERE, M. et RAVIX, J.L. (1991).-**Cohérence et diversité des systèmes d'innovation: le cas des systèmes d'innovation localisés en Europe**, rapport de recherche "MUST project", programme FAST, pour le compte des Communautés européennes.- CNRS-LATAPSES, février 1991

CLAVEL R. 1988.-Régles de conception pour faciliter le montage des composants mécaniques, in: **Journées de Microtechnique 1988, Conception de produits en vue d'un montage automatique**, pp.115-131.- Institut de microtechnique, Lausanne: EPFL

CLAVEL R. 1990.-Conception, fabrication, assemblage: un optimum à rechercher, in: **Journées de Microtechnique 1990, Techniques de fabrication en**

microtechnique, pp.17-26.- Département de microtechnique, Lausanne: EPFL

COASE R. 1937.-**The nature of the firm**.- Paris: Economica (traduction française in **Revue Frençaise d'Economie, N°1, 1, 1986)**

COHENDET P., LEVADOUX M.-J. et ZUSCOVITCH E. 1987.-**Les matériaux nouveaux: dynamique économique et stratégie européenne**.- Paris: Economica

COLLETIS G., COURLET C. et PECQUEUR B. (eds.) 1990.- **Les systèmes industriels localisés en Europe**.- Grenoble: IREDP

COLLETIS G. 1993.-Eléments de caractériation du district technologique, **in: Industrie et Territoire: les systèmes productifs localisés**, Actes du Colloque, pp.359-367.- Grenoble: IREPD

COLLETIS G. et PECQUEUR B. 1994.-Les facteurs de la concurrence spatiale et la construction des territoires, **in**: GAROFOLI G. and VAZQUEZ BARQUERO A. (éds.), **Organisation of production and territory: local models of development**, pp.93-115.- Università degli studi di Pavia: Gianni Iuculano Editore

COOKE P. and MORGAN K. 1991.-**The network paradigm: New departures in corporate and regional development**.- Paper presented to international seminar "Undefended Cities and Regions Facing the New European Order", Lemnos Greece, August 17-Sept. 1, 1991

COURLET C. 1989.-Continuité et reproductibilité des systèmes productifs territoriaux italiens.-**Revue Internationale PME**, vol.2, N°2-3, 1989

COURLET C. et SOULAGE B. 1994.-Dynamiques industrielles et territoire, **in**: GAROFOLI G. and VAZQUEZ BARQUERO A. (éds.), **Organisation of production and territory: local models of development**, pp.45-91.- Università degli studi di Pavia: Gianni Iuculano Editore

CREVOISIER O. et MAILLAT D. 1989.-**Milieu, organisation et systéme de production territorial: vers une nouvelle théorie du développement spatial.**- Papier présenté au colloque du GREMI, Barcelone Espagne 28-29 Mars 1989, Dossier IRER N°24, Neuchâtel

CREVOISIER O. 1993.-**Industrie et région: les milieux innovateurs de l'Arc jurassien.**- Thèse de doctorat, Neuchâtel: EDES

DECOSTER E., MATTEACCIOLI A., PEYRACHE V. et TABARIES M. 1993.-Les réseaux d'innovation en région parisienne: micromilieux en émergence, in: MAILLAT D., QUEVIT M. et SENN L. (éds.), **Réseaux d'innovation et milieux innovateurs: un pari pour le développement régional**, pp.149-179.- GREMI, Neuchâtel: EDES

DOSI G. 1982.-Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change.- **Research Policy**, N°11, pp.147-162

DOSI G. 1984.-**Technical Change and Industrial Transformations.**- London: Macmillan

DOSI G. 1988.-Sources, Procedures and Microeconomics Effects of Innovation.- **Journal of Economic Literature**, N°26, pp.1120-1171

DUTOIT M. et ILEGEMS M. 1990.-L'escalade du minuscule, in: **Polyrama 84**, Microtechnique, pp.50-52.- Lausanne: EPFL

ECABERT M. ET ROBERT J.F. 1992.-Eléments de stratégie transrégionale pour la recherche en microtechnique, in: **Recherches en microtechniques: réalités et perspectives**, pp.387-407.- Besançon: Institut des microtechniques et CETEHOR

EDGE D. and WILLIAMS R. 1991.-**The social shaping of innovation.**- Pict paper, Edinburgh

EDGE D. and WILLIAMS R. 1992.-The Social shaping of Technology: Research concepts and findings in Great Britain, in: DIERKES M. and HOFFMANN U. 1992, **New Technology at the Outset: Social Forces in the Shaping of Technological Innovations**.- Frankfurt: Caampus Verlag

EPFL 1988.-**Journées de microtechnique 1988: Conception de produits en vue d'un montage automatique**.- Institut de microtechnique, Lausanne: EPFL

EPFL 1990.-**Journées de microtechnique 1990: Techniques de febrication en microtechnique**.- Département de microtechnique, Lausanne: EPFL

FIGOUR J. 1988.-Vue d'ensemble de l'assemblage eutomatique, **In: Journées de Microtechnique 1988, Conception de produits en vue d'un montage automatique**, pp.39-55.- Institut de microtechnique, Lausanne: EPFL

FORAY D. 1987.-**Innovation technologique et dynamique industrielle**.- Lyon: Presses Universitaires de Lyon

FORAY D. 1991.-The Secrets of Industry are in the Air: Industrial Cooperation and the Organizational Dynamics of the Innovative Firm.-**Research Policy** 20(5), pp. 393-405

FRAGOMICHELAKIS M. 1994.-**Culture technique et développement régional: les savoir-faire dans l'Arc jurassien**.- Thèse de doctorat, Cahiers de l'ISSP N°15, Neuchâtel

FREEMAN C. 1987.-**Technology policy and economic performance: lessons from Japan**.- *Pinter*, London

FREEMAN C. 1988.-Japan : A New National System of Innovation, **In: DOSI G. and al. (éds.), Technical Change and Economic Theory**, pp.333-349.-London: Pinter Publishers

FREEMAN C. 1991.-Networks of innovators: A synthesis of research issues.-**Research Policy**, N°20, pp.499-514, North-Holland

GABUS A. 1983.-Introduction de l'électronique dans la montre, in: HIERONYMI O. et GABUS A. (éds.), **La diffusion des nouvelles technologies en Suisse**, pp.35-114.- Saint-Saphorin: Georgi

GAFFARD J.-L. 1987.-**La création de technologies, stratégies d'entreprises et politiques publiques.**- Programme de recherche Technopoles et Développement, rapport final

GAFFARD J.-L. 1989.-Marchés et organisation dans les stratégies technologiques des firmes industrielles.- **Revue d'Economie Industrielle**, N°48, pp.35-51

GAFFARD J.-L. 1990.-Innovations et changements structurels: revue critique de l'analyse économique moderne de l'innovation et des changements structurels.- **Revue d'Economie Politique**, N°3, pp.325-382

GAFFARD J.-L. et ROMANI P.M. 1990.-A propos de la localisation des activités industrielles: le district marshallien.-**Revue Française d'Economie**, 5(3), pp.171-185.

GAFFARD J.L. 1992a.-**Territory as a Specific Ressource: the Process of Construction of Local Systems of Innovation.**-Communication au séminaire de l'Università degli Studi di Siena, Siena, mars 1992.

GAFFARD J.L. 1992b.-Vers une théorie du changement technologique en tant que processus de changement hors de l'équilibre, in: FORAY D. et FREEMAN C. (éds.), **Technologie et richesse des nations**, pp.163-176.- Paris: Economica

GAROFOLI G. 1983.- Le aree-sistema in Italia.- **Politica e Economia**, vol.XIV, N°11, November

GAROFOLI G. 1994.-Economic development, organisation of production and territory, in: GAROFOLI G. and VAZOUEZ

BARQUERO A. (éds.), **Organisation of production and territory: local models of development**, pp.7-27.- Università degli studi di Pavia: Gianni Iuculano Editore

GAUDIN Th. 1988.-**Les métamorphoses du futur: essai de prospective technologique**.- Paris: Economica

GERSTENBERGER W. 1990.-**Reshaping Industrial Structures**.-Paper presented to International Conference on Technology and Competitiveness, OCDE-Paris, June 25-27, 1990

GILLE B. (éd.) 1978.-**Histoire des techniques**.- Paris: NRF

GILLY J.-P. 1987.-Espaces *productifs locaux, politique* d'emploi des firmes et transformations du rapport salarial, **in**: FOURCADE C. (éd.), **Industries et régions**, pp.45-53.- Paris: Economica

GILLY J.-P. 1990.-**Sociétés de services, production de technologies et développement urbain: le cas des activités spatiales à Toulouse**.- Paper presented at the 30th European Congress of the Regional Science Association, Istanbul, 1990

GLASMEIER A. 1991.-Technological discontinuities and flexible production networks: The case of Switzerland and the world watch industry.- **Research Policy** 20, pp.469-485, North-Holland

GORDON R. 1993.-Structural change, strategic alliances and the spatial reorganization of Silicon Valley's semiconductor industry, **in**: MAILLAT D., QUEVIT M. et SENN L., **Réseaux d'innovation et milieux innovateurs: un pari pour le développement régional**, pp.51-71.- GREMI, Neuchâtel: EDES

HOUSSEL J.-P. 1984.-L'industrialisation spontanée face à la crise de 1973 en Europe occidentale.- **Revue de géographie de Lyon**, vol.59, N°4, 1984

IMAI K. and BABA Y. 1989.-**Systemic Innovation and Cross-Border Networks: Transcending Markets and Hierarchies to Create a New Techno-Economic System.**- Paper presented at the International Seminar on Science, Technology and Economic Growth, Paris: OECD

IMAI K. and BABA Y. 1990.-**Systemic Innovation and Cross-Border Networks : The Case of the Evolution of the VCR Systems.**- Mimeo, National Institute of Science and Technology Policy, Japan

ITAKURA K. 1988.-Les industries locales au Japon.- **Revue de géographie de Lyon**, vol.63, N°1, 1988

JOHANISSON B. 1993.-Organising a supportive context for Entrepreneurship, **in**: JOHANISSON B. et al. (éds), **Small Business Dynamics.**- London: Routledge

JOHANSON J. and MATTSON L.G. 1986.-**Inter-organisational Relations in Industrial Systems - A Network Approach compared with the Transaction Cost Approach.**- University of Uppsala, Sweden

JOHNSON P.S. 1973.-**Cooperation Research in Industry: An Economic Study.**- New-York: Wiley

JOHNSON B. and LUNDVALL B.A. 1992.-Closing the Institutional Gap?.- **Revue d'Economie Industrielle** 59, pp. 111-123

KLINE S. and STEPHEN J. 1985.-**Reasearch, Invention, Innovation and Production: Models and Reality.**- Rept. INN-1, Department of Mechanical Engineering, Stanford University

KLINE S. J. and ROSENBERG N. 1986.- An Overview of Innovation, **in**: LANDAU R. et ROSENBERG N. (éds.), **The positive sum strategy hornessing technology for economic growth**, pp.275-305.- National Academy Press, Washington, DC

KRUGMAN P. 1992.-**Geography and Trade**.- Gaston Eyskens Lecture Series. Cambridge, Mass. and London: MIT Press; Louvain, Belgium: Louvain University Press

KUHN T. 1967.-**The Structure of Scientific Revolutions**.- Illinois: University of Chicago Press

LAFAY G. et HERZOG C. 1989.-**La fin des avantages acquis**.- Paris: PUF

LANDES D. 1987.-**L'heure qu'il est**.- Paris: Gallimard

LANGLOIS A. 1980.-**Les Nations Unies et le transfert de technologie**.- CERIC, Paris: Economica

LATOUR B. 1983.-Give Me a Laboratory and I Will Raise the World', in: KNORR-CETINA M. and M. & MULKAY M. (éds.), **Science Observed**, pp.141-170.- London, Sage

LATOUR B. 1986.-**Science in Action**.- Milton Keynes, Open University Press

LATOUR B. 1988.-How to Write "The Prince" for Machines as well as Machinations, in: ELLIOT B. (éds.), **Technology and Social Process**, pp.20-43.- Edinburgh, Edinburgh University Press

LECOQ B. 1993.-Dynamique industrielle, histoire et localisation: Alfred MARSHALL revisité.- **Revue Française d'Economie** 8(4)

LONGHI CH. et QUERE M. 1991.-Les microsystèmes productifs, in: ARENA R., DE BANDT J. et BENZONI L. (éds.), **Traité d'économie industrielle**, pp.356-372.- Paris: Economica

LONGHI, CH. et QUERE, M. (1993).-Systèmes de production et d'innovation, et dynamique des territoires.- **Revue Economique**, *44(4)*, pp.713-724

LUNDVALL B.A. 1988.-Innovation as an interective process: from user-producer interaction to the national system of innovation, in: DOSI G. and al. (éds), **Technical**

Change and Economic Theory, pp.349-369.- London: Pinter Publishers

LUNDVALL B.A. 1990.-**User-producer interactions and technological change**.- Paper presented to the Conference on Technological Change organized by the TEP (Technology, Employment, Productivity) Program of the OECD, Paris, La Villette, June 1990

LUNDVALL B.A. (éd.) 1992.-**National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive learning**.- London: Pinter Publishers

MAILLAT D. et VASSEROT J.-Y. 1986.-Les milieux innovateurs: le cas de l'Arc jurassien, in: AYDALOT Ph. (éd.), **Milieux innovateurs en Europe**, pp.217-246.- Paris: GREMI

MAILLAT D., NEMETI F. et PFISTER M. 1992a.-**Les microtechniques et les services associés: quels espaces de production et de coopération pour la Suisse?**.- Rapport final FNSRS, PNR 28

MAILLAT D. et PERRIN J.-C. (éds.) 1992b.-**Entreprises innovatrices et développement territorial**.- GREMI, Neuchâtel: EDES

MAILLAT D., NEMETI F., PFISTER M. et SIVIERO A. 1992c.-**Localisation des activités microtechniques en Europe**.- Dossier IRER N°33, Neuchâtel

MAILLAT D., NEMETI F. et PFISTER M. 1993a.-**L'industrie microtechnique en Suisse**.- Neuchâtel: EDES

MAILLAT D., QUEVIT M. et SENN L. (éds.) 1993b.-**Réseaux d'innovation et milieux innovateurs: un pari pour le développement régional**.- GREMI, Neuchâtel: EDES

MAILLAT D., CREVOISIER O. et LECOQ B. 1993c.-Réseaux d'innovation et dynamique territoriale: le cas de l'Arc jurassien, in MAILLAT D., QUEVIT M. et SENN L. (éds.), **Réseaux d'innovation et milieux innovateurs: un**

pari pour le développement régional, pp.17-50.- GREMI, Neuchâtel: EDES

MAILLAT D., LECHOT G., LECOQ B. et PFISTER M. 1993d.- **Analyse comparative de l'évolution structurelle des milieux: le cas de l'industrie horlogère dans l'Arc jurassien suisse et français**.- Papier présenté au colloque GREMI IV sur la Dynamique d'Ajustement Structurel des Milieux, Monte Verità-Ascona, Suisse, 29-31 *octobre* 1993

MAILLAT D., NEMETI F. et PFISTER M. 1993e.- L'émergence d'une nouvelle industrie dans l'Arc jurassien: les microtechniques et ses relations avec le territoire in: **Industrie et Territoire: les systèmes productifs localisés**, Actes du Colloque, pp.449-470.- Grenoble: IREPD

MAILLAT D., CREVOISIER O. et LECOQ B. 1994.- Innovation Networks and Territorial Dynamics: A Tentative Typology, **in**: JOHANSSON B., KARLSSON Ch. and WESTIN L. (éds.), **Patterns of a Network Economy**, pp.33-52.- Springer-Verlag Berlin, Heidelberg

MARSHALL A. 1919.-**Industry and trade**.- London: McMillan

MARSHALL A. 1920.-**Principles of economics**.- 8ème édition, réimpression de 1979, London: McMillan

MARTINELLI F. et SCHOENBERGER E. 1992.-Les oligopoles se portent bien, merci ! Eléments de réflexion sur l'accumulation flexible, **in**: BENKO G. et LIPIETZ A. (éds.), **Les régions qui gagnent**, pp.163-188.- Paris: PUF

MATHIS J. 1988.-**La compétitivité industrielle**.- Paris: Dunod

MICHEL J. 1988.-Introduction aux journées, **in**: **Journées de Microtechnique 1988, Conception de produits en vue d'un montage automatique**, pp.1-3.- Institut de microtechnique, Lausanne: EPFL

MORVAN Y. (éd.) 1985.-**L'analyse de filière**.- Paris: Economica

MOWERY D.C. 1992.-The US National Innovation System: Origins and Prospects of Change.- **Research Policy** 21, pp.125-144

NELSON R. and WINTER S. 1977.-In Search of a Useful Theory of innovation.- **Research Policy**, vol.6, pp.33-76

NELSON R. and WINTER S. 1982.-**An Evolutionary Theory of Economic Change**.- Cambridge/MA, Harvard University Press

NEMETI F. et PFISTER M. 1994.-**Aspects de la compétitivité de l'industrie microtechnique suisse**.- Neuchâtel: EDES

NOBLE D. 1979.-Social Choice in Machine Design: the case of Automatically Controlled Machine Tools', **in**: ZIMBALIST A. (éd.), **Case Studies on the Labour Process**, pp.18-50.- New York, Monthly Review Press

ONU 1981.-**Statistiques du commerce international** 1980.- vol.2, New York: ONU

ONU 1990.-**Statistiques du commerce international** 1989.- vol.2, New York: ONU

PAILLOTIN G. 1993.-**Recherche et innovation: le temps des réseaux**.- Groupe "Recherche, technologie et compétitivité" présidé par Guy Paillotin. Préparation du XIe plan. Commissariat Général du Plan, La Documentation Française

PECQUEUR B. 1987.-Tissu économique local et systèmes industriels résillaires.- **Revue d'économie régionale et urbaine** 3, pp.369-378

PECQUEUR B. 1989.-**Le développement local: mode ou modèle ?**.- Paris: Syros

PERRIN J.-C. 1983.-**La reconversion du bassin d'Alès**.- Aix-en-Provence: Centre d'Economie Régionale

PERRIN J.-C. 1993.-**Décentralisation et changements des systémes productifs locaux: une étude comparative en termes de milieux**.- Notes de recherche 136, Aix-en-Provence: Centre d'Economie Régionale

PEYRACHE V. 1991.-**Le développement technologique régional: un cadre d'approche illustré par la comparaison de cinq régions européennes**.- Document de travail N°91.04, Paris: IRES

PICKERING A. (éd.) 1992.-**Science as Practice and Culture**.- Chicago, University of Chicago Press

PINCH T. and BIJKER W. 1984.-The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and The Sociology of Technology might Benefit Each Other.- **Social Studies of Science**, vol.14, pp.399-441

PIORE M. and SABEL Ch. 1983.-Italian small business development: lessons for US industrial policy, **in**: ZYSMAN J. and TYSON L. (éds), **American Industry in International Competition: Government Policies and Corporate Strategies**, pp.391-421.- Ithaca: Cornell University Press

PIORE M. and SABEL Ch. 1984.-**The Second Industrial Divide: possibilities for prosperity**.- New York, Basic Books (trad. française: Les chemins de la prospérité, Paris: Hachette, 1989)

PLANQUE B. 1983.-**Innovation et développement régional**.- Paris: Economica

PLANQUE B. 1988.-La PME innovatrice: quel est le rôle du milieu local ?.- **Revue Internationale PME**, pp.177-191, vol.1, N°2

PORTER M.E. 1990.-***The competitive advantage of nations***.- London: MacMillan

POWELL W. 1990.-**Neither market nor hierarchy: network forms of organization**.- Paper presented at the

Workshop on the Socio-Economics of Inter-Firm Cooperation, Berlin, June 11-13, 1990

RAVEYRE M.F. et SAGLIO J. 1984.-Les systèmes industriels localisés: éléments pour une analyse sociologique des ensembles de PME industriels.- **Sociologie du travail**, 2, pp.157-176

ROSENBERG N. 1982.-**Inside the Black Box: Technology and Economics**.- New York: Cambridge University Press

SABEL Ch., DEEG R., HERRIGEL G. and KASIS R. 1987.- **Regional prosperities compared: Massachusetts and Baden Würtemberg in the 1980's**.- Department of Political Science, MIT, Cambridge

SABEL Ch. 1989.-Flexible specialisation and the re-emergence of the regional economics, in: HIRST P. and ZEITLIN J. (éds), **Reversing industrial decline?: industrial structure and policy in Britain and her competitors**, pp.17-70.- Oxford: Berg

SAVIOTI P. and METCALF S. (éds.) 1991.-**Evolutionnary Theories of Economic and Technological Change: Present State and future Prospects**.- London, Harvard

SAXENIAN A. 1990.-Regional networks and the resurgence of Silicon Valley.- **California Management Revue**, N°33, pp.89-112

SCOTT A. 1986.-High technology and territorial development: the rise of the Orange County Complex, 1955-1984.- **Urban Geography**, 7(1), pp.3-45

SCOTT A. 1988.-**Metropolis: from the division of labor to urban form**.- University of California Press, Berkeley and Los Angeles

SCOTT A. and STORPER M. 1990.-**Regional development reconsidered**.- Paper presented in the Conference on Flexible Specialization, Zürich, Version française, **Espace et Société**, N°66, 1991

SFORZI F. 1990.-The quantitative importance of marshallian industrial districts in the Italian economy, in: PYKE F., BECATTINI G. and SENGENBERGER W. (éds.), **Industrial districts and interfirm cooperation in Italy**, Geneva: International Institute for Labor Studies

SIVIERO A. 1992.-**Les relations des entreprises de microtechnique avec leur environnement technique et de marché**.- Dossier IRER N°32, Neuchâtel

SOLO R. 1954.-Research and Development in the Synthetic Rubber Industry.- **Quaterly Journal of Economics**, N°68, pp.61-82

STORPER M. 1991.-**Technology districts and *international trade: the limits to globalization* in an age of flexible production**.- Lewis Center for Regional Policy Studies, Los Angeles, Califomia

STORPER M. 1993.-Regional worlds of production: learning and innovation in the technology districts of France, Italy and the USA.- **Regional Studies**, vol.27, pp.433-455

STORPER M. and HARRISON B. 1991.-Flexibility, hierarchy and regional development: the changing structure of industrial production systems and their forms of govemance in the 1990s.- **Research Policy**

THOM N. 1992.-**Le management de l'innovation**.- L'information, Banque Populaire Suisse

THOMAS J.N. 1987.-Innovation et territoire.- **Revue d'économie régionale et urbaine**, N°3

TUSHMAN M.L. et MOORE W.M. 1982.-**Readings in the Management of Innovation**.- Marshfield, Mass.: Pitman

UBS 1992.-**L'industrie horlogère suisse**.- Union de Banques Suisses, Publication N°100

VON HIPPEL E. 1976.-The dominant role of user in scientific instruments innovation process.- **Research *Policy***, N°5

VON HIPPEL E. 1988.-**The sources of innovation process.**- New-York: Oxford University Press

WEBSTER J. 1990.-The Shaping of Software Systems in Manufacturing: Issues in the Generation and Implementation of Network Technologies in British Industries.- **Edinburgh PICT Working Paper**, N°17, Edinburgh

WILKINSON B. 1983.-**The Shop Floor Politics of New Technology.**- London, Heinemann Educational

WILLIAMSON O.E. 1975.-**Markets and hierarchies, analysis and antitrust implications.**- Free Press, New York

WOODWARD E. 1965.-**Structure of Industrial Research Associations.**- Paris: OECD

WOOLGAR S. 1991.-The Turn to Technology in Social Studies of Science.- **Science, Technology, & Human Values**, vol.16, N°1, pp.20-50

ZUSCOVITCH E. 1985.-La dynamique du développement des technologies: éléments d'un cadre conceptuel.- **Revue Economique**, N°5