

Université de Montréal

De l'influence d'une ville diversifiée sur la combinaison de techniques:
Typologie et analyse de processus.

par

Pierre Desrochers

Département de géographie

Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Philosophiæ Doctor (Ph.D.)
en géographie

Septembre, 1999

© Pierre Desrochers, 1999



G
59
U54
2000
v: 002

Université de Montréal

La formation d'une ville diversifiée sur le marché des technologies
Typologie et analyse de données

par
Thierry Lacroix

Département de Géographie
Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des arts et des sciences
en vue de l'obtention du grade de
Maîtrise en Géographie
en géographie



Le directeur de la
Bibliothèque

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée:

De l'influence d'une ville diversifiée sur la combinaison de techniques:
Typologie et analyse de processus.

présentée par :

Pierre Desrochers

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes:

Président du jury :

Christopher BRYANT, Université de Montréal

Directeur de recherche :

William COFFEY, Université de Montréal

Membre du jury :

Claude MANZAGOL, Université de Montréal

Examineur externe :

Diane-Gabrielle TREMBLAY, Télé-Université:

Représentant du doyen de la F.E.S.

Fernand AMESSE, Hautes Études Commerciales

Thèse acceptée le: 28 janvier 2000

SOMMAIRE DE LA THÈSE

Les auteurs de quelques études récentes démontrent qu'un tissu économique local plus diversifié que la moyenne favorise davantage la création d'emplois. Bon nombre de ces chercheurs expliquent ces résultats par le transfert de connaissances entre différentes activités économiques, mais ils n'ont aucune preuve directe pour étayer leur propos. La présente recherche tente de combler cette lacune en examinant la nature du processus combinatoire dans l'acte créatif et l'influence qu'un environnement diversifié peut exercer sur cette faculté. Diverses formes de transferts de techniques entre secteurs d'activité sont ensuite examinées à partir de l'analyse des processus de marché, du processus cognitif, de la dynamique interne des entreprises, des relations d'interdépendance entre les différents acteurs d'un milieu géographique circonscrit et de l'analyse d'une cinquantaine d'entretiens menés auprès d'inventeurs autonomes québécois. L'analyse démontre que les combinaisons de techniques sont omniprésentes dans un milieu diversifié, mais elles ne doivent pas pour autant occulter d'autres facteurs, tels que l'entrepreneursip et le financement de l'innovation.

RÉSUMÉ DE LA THÈSE

De l'influence d'une ville diversifiée sur la combinaison de techniques: Typologie et analyse de processus.

Pierre Desrochers

Il est depuis longtemps reconnu que les grandes agglomérations urbaines sont l'un des meilleurs terrains de l'innovation technique et que la combinaison de choses diverses est le principal fondement de l'acte créatif. L'analyse géographique de l'innovation est toutefois demeurée essentiellement cantonnée à des activités étroitement reliées. Les auteurs de quelques études récentes démontrent toutefois qu'un tissu économique local plus diversifié que la moyenne favorise davantage la création d'emplois, un constat que la plupart des chercheurs attribuent à la diffusion intersectorielle du savoir-faire technique, sans toutefois étayer leur propos sur des preuves tangibles. Notre démarche cherche donc à combler cette lacune en identifiant et analysant les transferts de savoir-faire entre différentes activités, pour ensuite essayer de comprendre comment un tissu urbain diversifié peut les favoriser.

Nous abordons dans un premier temps l'analyse traditionnelle de la "diffusion intersectorielle" et rejoignons DeBresson (1990: 833) selon qui l'on ne sait jamais trop ce qui est mesuré dans ces travaux. Nous croyons par la suite plus utile d'examiner notre problématique sous l'angle de la combinaison de techniques, de savoir-faire et de représentations diverses. Nous suggérons conséquemment une heuristique de la diversité locale basée sur l'individualisme méthodologique et l'analyse du processus créatif. Une telle démarche n'étant toutefois pas compatible avec certains cadres d'analyse prépondérants en géographie économique, nous cherchons à la justifier en soulignant certaines lacunes des approches traditionnelles et la nécessité d'une alternative théorique. Notre approche s'articule essentiellement autour de la fusion de deux paradigmes: 1) l'approche économique autrichienne; 2) l'analyse de la créativité technique. Nous décrivons brièvement comment les processus de marché coordonnent les actions de millions d'individus n'entretenant pas de rapports directs les uns avec les autres. Nous

illustrons également comment la création technique est un processus par lequel des individus tentent de résoudre des problèmes par essais et erreurs en combinant des objets et des procédés qu'ils observent dans la nature et la sphère économique. Nous développons ensuite une typologie des processus combinatoires dans la sphère marchande, avant d'aborder plus en détail l'importance de la proximité géographique pour l'innovation technique.

Contrairement à la majorité des travaux issus du courant de l'analyse géographique de l'innovation, nous jugeons que la combinaison de techniques (i.e. l'innovation technique) est le processus dominant et que le support géographique (district industriel, milieu novateur, ville, etc.) ne joue souvent qu'un rôle de catalyseur. Il est toutefois indéniable que l'environnement d'un individu exerce un rôle important pour ce qui est des problèmes le confrontant, de ses opportunités d'apprentissage, de sa capacité à rassembler des ressources humaines, matérielles et financières, de même que de sa capacité à commercialiser ses innovations. De plus, la proximité géographique facilite grandement l'établissement des relations de confiance et la communication de connaissances tacites. Nous illustrons que les processus que nous avons identifiés se déroulent quotidiennement au Québec à partir d'informations colligées auprès d'une cinquantaine d'inventeurs autonomes. Nous remarquons toutefois que si la phase de résolution de problèmes implique toujours la combinaison de techniques, d'expériences et de ressources diversifiées, déterminer l'influence particulière d'une ville sur ces processus est beaucoup plus délicat que celle d'un district spécialisé, car la quasi-totalité des inventions examinées auraient pu être menées à terme dans la plupart des agglomérations importantes d'Amérique. Nous suggérons finalement quelques pistes de recherche susceptibles d'éclairer certaines questions laissées sans réponse satisfaisante dans notre démarche.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon directeur, William J. Coffey, pour sa patience, ses conseils et ses critiques souvent incisives. Je tiens également à remercier les personnes suivantes qui, au fil des années, m'ont suggéré des pistes de recherche et m'ont permis de rencontrer des personnes ressources dans des domaines qui m'étaient peu familiers, notamment Marie-Claire Landry, Peter Boettke, Peter Klein, Cynthia Ingenito, France Landreville, Leonard Liggio et Michel Grossetti. Je dois également remercier Maryann Feldman et Merry Perry pour leur soutien et leur support technique lors de la dernière révision de cette thèse. Ce travail n'aurait cependant pas vu le jour sous sa forme actuelle sans la collaboration de M. Daniel Paquette et Madame France Couture du Monde des inventions québécoises qui ont permis à un théoricien dans l'âme de garder les pieds sur terre en rencontrant une cinquantaine d'individus passionnés.

J'ai également pu bénéficier dans le cadre de ce travail de séjours stimulants au Centre interdisciplinaire d'études urbaines de l'Université de Toulouse - Le Mirail, à l'Institute for Humane Studies de l'Université George Mason (Fairfax, Virginie), au Political Economy Research Center (Bozeman, Montana) et à l'Institute for Policy Studies de l'Université Johns Hopkins, de même que du support financier du Fonds pour la formation de chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR) et de l'Institute for Humane Studies.

Plus que tout, je tiens à remercier mes parents, Robert Desrochers et Marie-Michelle Renaud, pour leur support indéfectible lors des moments plus difficiles. J'ose espérer être à la hauteur de leur patience et de leur soutien.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE DE LA THÈSE.....	iii
RÉSUMÉ DE LA THÈSE.....	iv
REMERCIEMENTS.....	vi
TABLE DES MATIÈRES.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	xiii
LISTE DES TABLEAUX.....	xiii
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
PROBLÉMATIQUE.....	5
0.1 Spécialisation, diversité économique locale et innovation technique. Le débat théorique.....	5
0.2 La diversité économique locale dans l'oeuvre de Jane Jacobs.....	8
0.2.1 <i>De l'importance de la diversité économique locale pour l'innovation technique.....</i>	8
0.2.2 <i>L'heuristique de Jacobs.....</i>	11
0.3 Spécialisation ou diversité locale: le débat empirique.....	13
0.3.1 <i>Les résultats.....</i>	13
0.3.2 <i>Les problèmes empiriques.....</i>	16
0.4 Objectifs de la démarche.....	19
0.5 Description de la démarche.....	20
0.6 Limites de la démarche.....	22

CHAPITRE 1: UNE CRITIQUE MÉTHODOLOGIQUE DE L'ANALYSE DE LA DIFFUSION INTERSECTORIELLE ET DE LA MESURE DE LA DIVERSITÉ ÉCONOMIQUE LOCALE.....	24
1.1 La classification industrielle et l'analyse de la diffusion intersectorielle.....	25
1.1.1 <i>Problème conceptuel</i>	25
1.1.2 <i>Problèmes empiriques</i>	31
1.2 La classification des brevets et l'analyse de la diffusion intersectorielle.....	35
1.2.1 <i>Problèmes conceptuels</i>	36
1.2.2 <i>Problèmes empiriques</i>	37
1.3 L'analyse empirique de la diffusion intersectorielle.....	40
1.3.1 <i>L'analyse quantitative de la diffusion intersectorielle</i>	41
1.3.2 <i>L'analyse qualitative de la diffusion intersectorielle</i>	45
1.3.3 <i>Diffusion vs création de ressources et combinaison de techniques</i> ..	55
1.4 La mesure de la diversité économique locale.....	56
1.5 Vers une nouvelle heuristique de la diversité locale.....	58
CHAPITRE 2: TENDANCES RÉCENTES DANS L'ANALYSE DE L'INNOVATION TECHNIQUE.....	61
2.1 L'analyse de l'innovation technique.....	61
2.2 Les sources de l'innovation.....	62
2.3 De la nature des avancées techniques.....	67
2.4 Quelques caractéristiques de l'innovation corporative.....	69
2.5 Le fordisme et la spécialisation flexible: Rupture ou continuité?.....	73
2.5.1 <i>Le mode de production fordiste</i>	73
2.5.2 <i>Les caractéristiques de la spécialisation flexible</i>	75
2.5.3 <i>Spécialisation flexible et territoire</i>	76
2.6 Une critique de la thèse du changement de mode de production.....	77
2.6.1 <i>Critique de la thèse de la mutation structurelle</i>	78
2.6.2 <i>La production de masse</i>	79
2.6.3 <i>La taylorisme</i>	80
2.6.4 <i>La théorie du pouvoir d'achat</i>	81
2.6.5 <i>De la spécificité des nouvelles technologies flexibles</i>	81
2.6.6 <i>De la nécessité d'une alternative théorique</i>	82
2.7 Conclusion.....	84

CHAPITRE 3: VERS UNE ALTERNATIVE THÉORIQUE BASÉE SUR L'ANALYSE DE LA CRÉATIVITÉ TECHNIQUE.....	86
3.1 L'école économique autrichienne (ou théorie des processus de marché).....	87
3.2 Une description sommaire du processus de marché.....	90
3.3 L'analyse de la création technique.....	92
3.4 Quelques récurrences dans la création technique.....	94
3.4.1 <i>La résolution de problème</i>	96
3.4.2 <i>La multiplicité des approches</i>	97
3.4.3 <i>L'innovation technique en tant que processus d'essais et d'erreurs..</i>	100
3.4.4 <i>L'innovation en tant que résultat d'une combinaison</i>	103
3.4.5 <i>L'absence de solutions définitives</i>	105
3.5 Sur la recherche de solutions pour résoudre un problème technique.....	106
3.5.1 <i>De l'importance des acquis préalables</i>	106
3.5.2 <i>Transfert analogique et innovation</i>	111
3.6 Sur l'universalité du processus combinatoire.....	119
3.7 Limites du cadre théorique.....	122
CHAPITRE 4: UNE TYPOLOGIE DES PROCESSUS COMBINATOIRES.....	124
4.1 Sur les processus de combinaison des techniques.....	125
4.1.1 <i>Trouver de nouveaux usages pour un savoir-faire existant</i>	125
4.1.2 <i>Résoudre un problème en intégrant un nouveau savoir-faire</i>	133
4.1.3 <i>Synthèse</i>	133
4.2 De la combinaison de techniques au sein d'une entreprise diversifiée.....	134
4.2.1 <i>De la nature des entreprises</i>	134
4.2.2 <i>De la combinaison des techniques au sein d'une entreprise</i>	138
4.2.3 <i>Surmonter les clivages bureaucratiques: les approches organisationnelles</i>	139
4.3 Vers une typologie de la combinaison de techniques.....	144
4.3.1 <i>Les employés d'une entreprise trouvent de nouvelles applications pour leur savoir-faire</i>	144
4.3.2 <i>Des employés salariés vont oeuvrer dans des entreprises de secteurs différents pour utiliser leur savoir-faire dans de nouveaux contextes</i>	157

4.3.3 <i>Les employés d'une entreprise sous-traitante développent ou acquièrent une nouvelle technique et transfèrent ce nouveau savoir-faire à leurs clients oeuvrant dans différents domaines.....</i>	151
4.3.4 <i>Les employés d'une entreprise observent un produit / procédé utilisé dans un autre contexte et l'adaptent à leur production, avec ou sans la collaboration d'employés oeuvrant dans le domaine d'origine.....</i>	153
4.3.5 <i>Les employés d'entreprises oeuvrant dans des secteurs différents collaborent dans la mise au point d'un nouveau produit ou procédé.....</i>	154
4.4 Sur les entraves à la combinaison de techniques.....	156
4.5 Conclusion.....	157
CHAPITRE 5: PROXIMITÉ GÉOGRAPHIQUE ET INNOVATION TECHNIQUE..	159
5.1 Facteurs statiques d'agglomération: les économies d'agglomération.....	159
5.1.1 <i>Économies de localisation (ou de juxtaposition) et d'urbanisation....</i>	160
5.1.2 <i>Synthèse et nouvelles avenues de recherche.....</i>	162
5.2 Le capital humain: connaissances tacites et savoir-faire.....	163
5.2.1 <i>Définition des concepts.....</i>	163
5.2.2 <i>De l'importance des connaissances tacites et des savoir-faire.....</i>	164
5.2.3 <i>Sur la transmission du savoir-faire.....</i>	166
5.3 Proximité géographique et transmission du savoir-faire.....	168
5.3.1 <i>Proximité géographique et interaction face-à-face.....</i>	169
5.3.2 <i>Proximité géographique et mouvements de personnel.....</i>	172
5.4 Rencontres ponctuelles et interaction face-à-face.....	173
5.5 La ville en tant que système économique ouvert.....	174
5.6 De l'influence d'une ville diversifiée sur la créativité individuelle.....	176
5.7 Une mise en garde contre le déterminisme géographique.....	181
5.8 Conclusion.....	183

CHAPITRE 6: DE L'IMPACT D'UN MILIEU DIVERSIFIÉ SUR LA COMBINAISON DE TECHNIQUES. ILLUSTRATIONS À PARTIR D'UN ÉCHANTILLON D'INVENTEURS AUTONOMES.....	184
6.1 De l'étude des inventeurs autonomes en tant que vecteurs de la combinaison de techniques.....	185
6.1.1 <i>Choix de la méthodologie et de l'échantillon.....</i>	185
6.1.2 <i>Objectifs de la démarche empirique.....</i>	188
6.1.3 <i>Avantages et inconvénients de la démarche retenue.....</i>	189
6.1.4 <i>De la pertinence d'étudier les inventeurs autonomes.....</i>	193
6.2 Caractéristiques générales de l'échantillon.....	196
6.2.1 <i>Caractéristiques générales de l'échantillon.....</i>	196
6.2.2 <i>Niveau de formation.....</i>	197
6.2.3 <i>Inventeurs autonomes: Localisation géographique.....</i>	199
6.2.4 <i>Autres caractéristiques</i>	200
6.2.5 <i>Du rôle des brevets.....</i>	201
6.2.6 <i>Innovations: Caractéristiques générales.....</i>	205
6.3 Sur les récurrences dans l'innovation technique.....	205
6.3.1 <i>La résolution de problèmes.....</i>	226
6.3.2 <i>La multiplicité des approches.....</i>	207
6.3.3 <i>Le processus d'essais et erreurs.....</i>	208
6.3.4 <i>L'innovation en tant que résultat d'une combinaison.....</i>	210
6.3.5 <i>L'absence de solutions définitives.....</i>	211
6.4 Sur les processus de combinaison de techniques.....	212
6.4.1 <i>Trouver de nouvelles applications pour les acquis préalables.....</i>	213
6.4.2 <i>Transfert analogique et innovation.....</i>	220
6.5 Combinaison de techniques et diversité économique locale.....	224
6.5.1 <i>Économies d'agglomération et combinaison de ressources.....</i>	226
6.5.2 <i>Diversité locale et identification des personnes-conseils.....</i>	239
6.5.3 <i>De l'importance de l'interaction face-à-face.....</i>	246
6.6 Synthèse.....	276

CONCLUSION	255
0.1 Rappel de la démarche et des observations.....	255
0.2 De nouvelles pistes de recherche.....	260
BIBLIOGRAPHIE	265
ANNEXES	299
I: GRILLE D'ENTREVUE UTILISÉE LORS DES RENCONTRES AVEC LES INVENTEURS AUTONOMES.....	299
II: FICHE SIGNALÉTIQUE DES INVENTEURS.....	316
III: INVENTEURS ET PRINCIPALE(S) INVENTION(S).....	319

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Division du travail et innovation selon Jacobs.....	9
Figure 2. Arbre des espèces organiques et arbre des artefacts culturels selon Kroeber.....	28
Figure 3. Vision traditionnelle des relations science-technique.....	63
Figure 4. Modèle de liaison en chaîne de Kline et Rosenberg.....	66
Figure 5. Modèle du changement technologique de Rey.....	66
Figure 6. Modèle de l'innovation corporative de Schroeder, Van de Ven, Scudder et Polley.....	71
Figure 7. Véhicules à essence, vapeur et électricité.....	98
Figure 8. Convoyeurs pour marchandise en vrac.....	99
Figure 9. Combinaison d'outils paléolithiques.....	104
Figure 10. Le phonographe de Thomas Edison.....	108
Figure 11. Station orbitale proposée par la Goodyear Tire Corp., 1961.....	109
Figure 12. Transfert analogique dans le domaine des montres.....	115
Figure 13. Chaîne de démontage dans un abattoir, 19e siècle.....	118
Figure 14. Presse à imprimer.....	180

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Quelques définitions des "externalités Jacobs" dans les études empiriques.....	18
Tableau 2. Comparaison entre les résultats du MIRP et les théories antérieures.....	72
Tableau 3. Système technologique, structures productives, modalités d'obtention des gains de productivité dans les secteurs fordistes.....	74
Tableau 4. Fordisme et post-fordisme.....	75
Tableau 5. Spécialisation flexible contre production de masse.....	79

For us, truth is made up of many bits and pieces of reality. The flux and change in itself is of the essence. Change is so major a truth that we understand process to be the essence of things.

- Janes Jacobs. 1992. Systems of Survival. A Dialogue on the Moral Foundations of Commerce and Politics. New York: Random House, p. 191.

There is one type of mind which finds it tempting to stress the contrast between the world of today and that of yesterday and to think of change as a series of big fresh starts; there is another type congenitally disposed to believe that there is nothing new under the sun, that all that has been said and done has happened before. As between these two extremes, both likely to give a distorted perspective, there can be little doubt that the greater part of modern writing about invention and technical progress strongly inclines to the view that we live in a new world in which thinking of the present or the future in terms of past experience is largely irrelevant, and that our ideas must be recast and our institutions reformed to fit fresh surroundings.

- John Jewkes, David Sawers and Richard Stillerman. 1969 [1958]. The Sources of Invention, 2nd edition. London: MacMillan, p. 34.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Il est depuis longtemps reconnu que les grandes agglomérations urbaines sont le principal berceau de l'innovation technique et commerciale. Hoover et Giarratani (1984: 339) écrivent ainsi qu'aucun autre cadre social ne confronte les individus à un éventail plus large d'idées et de problèmes et ne fournit une concentration plus large de clients et de fournisseurs spécialisés et réceptifs à la nouveauté. Bairoch (1985: 420) ajoute de même que le fait que le milieu urbain soit plus favorable à la diffusion des innovations techniques que le milieu rural ne nécessite pas de démonstration, car il est difficile de concevoir qu'il puisse en être autrement.

Bien que l'on ait toujours trouvé certains auteurs qui, à l'instar de Wilbur Thompson (1965) et Jane Jacobs (1970), ont souligné l'importance des liens tissés entre les entreprises d'un complexe industriel localisé, la recherche sur les rétroactions entre agents économiques oeuvrant dans un même milieu géographique ne prend véritablement son essor qu'à partir du milieu des années 1980. Les performances économiques remarquables de certaines régions du monde comprenant plusieurs firmes d'un même secteur industriel, telles que la Silicon Valley, la Route 128 et les petites villes industrielles de la "Troisième Italie", suscitent un intérêt grandissant pour des problématiques jusqu'alors confinées à la géographie économique et l'économie urbaine. Plusieurs sociologues de l'innovation, politologues, chercheurs en management et spécialistes de l'organisation industrielle délaissent alors l'analyse des fonctions internes de la firme (R-D, design, production, marketing, etc.) au profit de l'influence de l'environnement géographique sur l'innovation par le biais de processus tels que les mouvements locaux de main-d'oeuvre, les relations de compétition / coopération entre entreprises et les réseaux locaux d'information (Malmberg, 1996; 1997; Storper, 1995). On identifie par le fait même certains "incubateurs géographiques de l'innovation" que l'on qualifie tour à tour de complexes territoriaux d'innovation, de districts industriels, de technopôles, de districts technologiques, de trajectoire technologiques régionales, de systèmes de production territorialisés, d'écosystèmes localisés, de milieux novateurs et de systèmes localisés de production et d'innovation (Crevoisier, 1993). Ayer (1990: 145) résume l'originalité de ces apports en soulignant: 1) l'abandon de modèles mécanistes; 2) la recherche d'un principe de localisation reposant sur les interactions au sein d'une structure régionale et industrielle; 3) la prise en compte des diversités régionales par des considérations sociales, culturelles et

structurelles; 4) l'inscription de l'entreprise dans un environnement diversifié. Le principal fondement de cette littérature est que l'on n'y envisage plus le milieu local comme le résultat d'une allocation statique de ressources limitées, mais bien plutôt comme un support à la création de nouveaux produits (Coe et Townsend, 1998: 387) et comme un lieu d'apprentissage collectif (Crevoisier, 1993: 6).

Malmberg (1997: 578) relève toutefois certains problèmes majeurs dans ces travaux. Par exemple, les fondements empiriques de "l'effet milieu" reposent essentiellement sur des études de cas et sont conséquemment jugés anecdotiques. La très grande majorité de ces écrits ne traitent également que d'industries de haute-technologie et de *success stories*. De plus, un nombre grandissant d'études indiquent que la proximité géographique n'est souvent pas jugée cruciale par bon nombre d'entrepreneurs et de gestionnaires, même au sein de régions réputées être des milieux novateurs. Malmberg relève également que presque toutes les démarches quantitatives où l'on tente de mesurer les flux locaux de connaissances (*localized knowledge spillovers*) reposent sur des cadres d'analyse statiques où l'on fait des inférences dynamiques à partir de données en coupe transversale, notamment dans un débat récent sur l'importance respective de la spécialisation et de la diversité locale sur les flux d'information et de savoir-faire. En effet, bien que la plupart des travaux issus de la nouvelle analyse géographique de l'innovation demeurent essentiellement cantonnés à un secteur d'activité (telles que les industries horlogère, de l'électronique ou de la mode) ou à des activités fortement reliées (telles que les retombées des semi-conducteurs dans les produits électriques, électroniques et dans l'industrie informatique), les auteurs de quelques études récentes basées sur une interprétation assez libérale de Jacobs (1970) laissent entendre qu'un tissu économique local diversifié serait plus susceptible de favoriser l'innovation qu'un milieu plus spécialisé (Feldman et Audretsch, 1999; Glaeser et al. 1992; Harrison et al. 1996b). Il y a évidemment quelques raisons de croire que la diversité économique locale soit un meilleur ferment pour les avancées techniques, ne serait-ce que parce que le principe fondamental de toute innovation est la combinaison de choses déjà existantes (Koestler, 1969; Usher, 1966), que certains économistes étudient depuis longtemps la diffusion intersectorielle des techniques (DeBresson, 1996)¹ et qu'il est désormais admis que les nouvelles technologies de l'information ne

¹ Les économistes et certains spécialistes de l'analyse quantitative de l'innovation technique distinguent trois types de diffusion d'une nouvelle technique ou d'un nouveau savoir-faire: 1) la diffusion intra-firme; 2) la diffusion intra-industrielle; 3) la diffusion intersectorielle (ou interindustrielle ou fertilisation croisée). La diffusion intra-firme renvoie au rythme auquel une entreprise sera incitée à substituer un nouveau

sont toujours pas un substitut adéquat pour l'interaction face-à-face (Cornish, 1997). Les auteurs des travaux sur les transferts intersectoriels localisés se contentent toutefois de constater que la création d'emplois est plus importante dans les villes plus diversifiées que la moyenne et n'avancent aucune preuve tangible que les flux informationnels entre différentes activités sont la principale variable explicative. Plus grave encore, aucun de ces analystes, pas plus d'ailleurs que les économistes s'étant penché sur les flux intersectoriels, n'a jugé bon d'expliquer ou de développer une théorie de la diffusion intersectorielle du savoir-faire technique. Si l'on trouve plusieurs recherches riches en quantification de toute sorte, il manque encore une analyse des processus par lesquels le savoir-faire développé dans un domaine trouvera des applications dans un autre contexte et l'influence qu'un milieu local diversifié peut avoir sur ces processus.

Analyser les processus de réutilisation des expertises dans un nouveau contexte n'est toutefois pas une mince affaire, car contrairement à la diffusion de produits finis d'une entreprise à l'autre ou d'un lieu à l'autre, la "diffusion intersectorielle" implique le plus souvent des processus informels (Torre, 1990). Krugman (1991: 53) soutient donc que les économistes devraient abandonner toute tentative de mesurer les flux de connaissance, car ces derniers ne laissent pas de bonnes "empreintes de papier" par lesquelles on pourrait les mesurer et les retracer.² Desai (1993: 249) souligne également que parce que le savoir-faire est intrinsèquement différencié et non quantifiable, l'économie de la science et de la technique n'offre que peu d'opportunités pour la modélisation et la quantification rigoureuses.³ Nous croyons toutefois qu'il est possible d'identifier certaines récurrences dans ces processus et qu'à défaut de produire une modélisation rigoureuse, on puisse au moins en obtenir une meilleure compréhension. L'objectif de cette recherche est donc d'identifier les processus par

savoir-faire ou une nouvelle technique à certains produits et procédés utilisés préalablement. La diffusion intra-industrielle traite du processus par lequel une innovation mise au point par une entreprise d'un secteur industriel sera adoptée par d'autres entreprises du même secteur. On parle finalement de diffusion interindustrielle lors de la propagation d'une innovation d'un secteur industriel à un autre (Torre, 1990). Nous traiterons plus en détail de ces travaux dans le chapitre 1.

² "Knowledge flows are invisible, they leave no paper trail by which they may be measured and tracked."

³ "Because knowledge is inherently differentiated and nonquantifiable, the economics of science and technology offers limited scope for rigorous modeling and quantification."

lesquels un savoir-faire particulier est utilisé dans un nouveau contexte et d'essayer de comprendre l'influence qu'un milieu local diversifié peut avoir sur ces processus.

PROBLÉMATIQUE

0.1 Spécialisation, diversité économique locale et innovation technique. Le débat théorique

Les performances économiques remarquables de certaines régions du monde comprenant plusieurs firmes d'un même secteur industriel ont suscité chez nombre de chercheurs un intérêt grandissant pour des problématiques qui avaient été la chasse gardée des géographes économistes et des économistes urbains. On observe ainsi depuis près de deux décennies un foisonnement de contributions sur des processus tels que les mouvements locaux de main-d'oeuvre, les relations de compétition / coopération entre entreprises, les réseaux locaux d'information et l'apprentissage collectif (Malmberg, 1996; 1997; Storper, 1995). Ayer (1990: 145) résume l'originalité de ces apports en soulignant: 1) l'abandon de modèles mécanistes; 2) la recherche d'un principe de localisation reposant sur les interactions au sein d'une structure régionale et industrielle; 3) la prise en compte des diversités régionales par des considérations sociales, culturelles et structurelles; 4) l'inscription de l'entreprise dans un environnement diversifié. On a donc déplacé l'analyse de l'innovation des entreprises vers le milieu local, que l'on envisage désormais comme un support à la création de nouveaux produits plutôt que comme le résultat d'une allocation statique de ressources limitées (Coe et Townsend, 1998: 387). Comme le rappelle Crevoisier dans sa définition d'un "milieu innovateur", c'est la proximité et les relations entre acteurs économiques qui sont désormais jugées déterminantes:

Un milieu est défini comme un ensemble d'acteurs localisés qui, par leur fréquentation, ou par le simple fait de travailler dans une même région, s'estiment mutuellement sur le plan professionnel et qui, de ce fait et à partir de savoir-faire voisins ou complémentaires, d'une part développent une perception convergente des contraintes et des opportunités qui surgissent dans leur environnement technique et de marché, et d'autre part font évoluer en commun et de façon interdépendante leurs savoir-faire et les règles de concurrence / coopération qui les accompagnent (Crevoisier, 1993: 6).

Malmberg (1997: 578) relève toutefois quatre problèmes majeurs dans ces travaux. Le premier est que les principaux fondements empiriques de "l'effet milieu" reposent sur des études de cas et sont conséquemment jugés anecdotiques. Le second est que la très grande majorité de ces recherches traitent d'industries de haute-technologie et de *success stories*. Troisièmement, presque toutes les démarches quantitatives reposent

sur des cadres d'analyse statiques où l'on fait des inférences dynamiques à partir de données en coupe transversale. Finalement, un certain nombre d'études récentes indiquent que la proximité géographique n'est souvent pas jugée cruciale par bon nombre d'entrepreneurs et de gestionnaires, même au sein de régions réputées être des milieux novateurs.

La nouvelle analyse géographique de l'innovation est également problématique à un autre égard. Pour résumer, la plupart des études demeurent encore essentiellement cantonnées à un secteur d'activité (telles que les industries horlogère, de l'électronique ou de la mode) ou à des activités fortement reliées (telles que les retombées des semi-conducteurs dans les produits électriques, électroniques et dans l'industrie informatique), bien que les auteurs de certaines analyses quantitatives laissent entendre qu'un tissu économique local diversifié soit plus susceptible de favoriser l'innovation technique. Cette lacune s'explique sans doute par l'adhésion de la plupart des chercheurs à une version "régionalisée" de la théorie de l'avantage comparatif. Renner (1965: 511, notre traduction) élève ainsi la spécialisation régionale au rang de "loi" de la géographie économique: "À mesure que la compétition commerciale augmente, toute région tendra, sous réserve d'entraves politiques, à se spécialiser dans la production des biens pour lesquels elle possède un avantage naturel ou technique". Porter (1990), dans l'apport le plus influent en termes de politique économique des dernières années, insiste également sur l'importance d'une grappe de compétiteurs directs localisés dans une même aire géographique.

La spécialisation régionale dans un contexte de création de ressources nous semble toutefois problématique pour deux raisons: 1) le principe fondamental de toute innovation technique est la combinaison de choses déjà existantes, le plus souvent hétéroclites (Koestler, 1969; Usher, 1966); 2) certains spécialistes de l'innovation technique ont depuis longtemps quantifié certaines formes de diffusion technique intersectorielle (*interindustrial knowledge spillovers*) (DeBresson, 1996; Pavitt, 1984).⁴

⁴ Hendrickx (1995: 268) utilise l'expression "effets de report" pour désigner les "spill-overs." Nous jugeons toutefois ce terme trop vague pour l'utiliser dans notre recherche.

Ces contradictions n'ont pas échappé à quelques auteurs.⁵ Chinitz (1961: 284-6) remarque ainsi dans son étude comparative de New York et Pittsburgh qu'un environnement urbain diversifié favorise davantage l'entrepreneursip qu'un tissu industriel homogène dominé par quelques grandes entreprises. Il précise son propos en soulignant qu'un environnement familial dominé par les entreprises gigantesques de l'industrie sidérurgique est moins susceptible de générer un climat entrepreneurial que le secteur textile éclaté de la métropole américaine. Or selon Chinitz, le climat d'entrepreneursip est crucial peu importe le domaine, car un entrepreneur est susceptible d'oeuvrer dans plusieurs contextes. Chinitz soutient également qu'un tissu économique diversifié et composé de petites entreprises facilite le financement de nouvelles entreprises oeuvrant dans différents secteurs, car contrairement aux gestionnaires d'une grande entreprise retournant leurs profits au siège social, de petits entrepreneurs et les gestionnaires de petites banques indépendantes sont plus susceptibles de réinvestir dans de nouvelles activités dans leur milieu.

Quelques auteurs soutiennent également qu'une ville diversifiée est plus susceptible de favoriser la diffusion du savoir-faire entre différentes activités. Bairoch (1985: 432) relève ainsi que la forte densité des populations urbaines facilite les contacts, accélère naturellement le flux des informations et que "l'hétérogénéité des activités suscite tout naturellement des tentatives d'application (ou d'adoption) à un secteur (ou à un problème spécifique) de solutions adoptées dans un autre secteur." Rothschild (1990: 128) illustre ce processus en relatant que des ingénieurs du constructeur d'avions Northrop résolurent les problèmes de réfrigération de certaines composantes d'assemblage en faisant appel aux techniciens⁶ du fabricant de gâteaux Sara Lee. Aitken (1985: 15-6) résume bien cette problématique dans son analyse de l'émergence des techniques radiophoniques en soulignant que les points de convergence des flux d'information risquent d'influencer fortement la probabilité de combinaison de techniques. L'apport le plus important traitant de l'impact de la diversité locale sur l'innovation technique est toutefois celui de Jacobs (1970; 1991; 1992) qui combine

⁵ Plusieurs auteurs introduisent également la question de la taille des entreprises dans ce débat, une question que nous aborderons brièvement dans les chapitres subséquents, mais qui ne sera pas au coeur de notre problématique. Pour une analyse intéressante de l'influence de la taille des entreprises sur le potentiel créatif des individus, voir Jewkes et al. (1969).

⁶ Le terme de "techniciens" au sens où il est utilisé dans ce travail comprend à la fois les ingénieurs et les ouvriers spécialisés.

toutes ces perspectives. Nous croyons cependant nécessaire d'y consacrer une sous-section complète, car son cadre théorique est souvent dénaturé par certains analystes le ramenant à la seule problématique de la diffusion intersectorielle.

0.2 La diversité économique locale dans l'oeuvre de Jane Jacobs

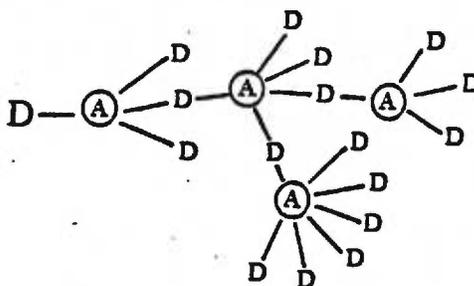
0.2.1 De l'importance de la diversité économique locale pour l'innovation technique

Les retombées bénéfiques de la diversité locale sont le principal fil conducteur de l'oeuvre de Jacobs. Elle écrit ainsi que les "annuaires du téléphone nous apprennent ce qu'il y a de plus important dans une cité: l'immense quantité d'éléments qui forment celles-ci et l'immense diversité de ces éléments. La diversité est inhérente aux grandes villes" (Jacobs, 1991: 149). Un piège guette toutefois l'analyste, celui d'examiner une par une les fonctions urbaines en les classant par catégories dans de "grands tableaux d'ensembles". Il faut au contraire, selon Jacobs, "considérer que les phénomènes essentiels à étudier sont les combinaisons ou les mélanges de fonctions urbaines et non celles-ci prises séparément" (p. 149). Bien que cette dernière remarque vise essentiellement le mélange des fonctions résidentielles, commerciales et industrielles, Jacobs remarque déjà dans son premier ouvrage qu'en raison de la dépendance des petites entreprises envers le tissu urbain environnant, "la diversité urbaine autorise et induit encore davantage de diversité" (p. 151).

Jacobs élabore davantage sur la composante économique de ces processus dans son second ouvrage, The Economy of Cities (Jacobs, 1970), où elle développe une vision de la ville en tant que catalyseur social de l'innovation technique. Au risque de trop la simplifier, sa théorie se ramène à six observations: 1) les innovations techniques résultent de l'ajout d'un "nouveau travail" à une fraction d'un travail plus ancien (*adding new work to old*); 2) bon nombre de ces ajouts sont le fait d'interactions majeures et mineures entre personnes issues de diverses spécialités; 3) les petites entreprises, parce que plus souples et plus ouvertes au changement, sont des milieux plus favorables à l'innovation que les entreprises plus hiérarchisées; 4) il est vain de chercher à classer rigoureusement les types d'industrie; 5) certains milieux, parce que plus diversifiés, plus importants et libres d'entraves corporatistes ou institutionnelles, sont plus favorables aux interactions entre gens de diverses spécialités et donc davantage propices à l'innovation; 6) la logique de l'innovation relève du producteur et non pas de ses clients.

Bien que ce cadre théorique vieillisse bien, il ne contient toutefois que très peu d'éléments explicites sur les relations entre les employés de différentes entreprises, les mouvements de main-d'oeuvre, l'apport de centres de recherche, le rôle des usagers et des fournisseurs en tant qu'agents novateurs et d'autres sujets traités plus en détails par les recherches des dernières décennies. The Economy of Cities renferme néanmoins nombre d'anecdotes et de passages révélateurs sur ces questions ainsi que sur la diffusion technique intersectorielle. Jacobs (1970: 58) amorce ainsi sa théorie de l'innovation en énonçant un principe qu'elle juge universel et que nous traduisons ici boîteusement: "Une division du travail existante se multiplie en de nouvelles divisions du travail au moyen de l'ajout de nouvelles activités qui créent de nouvelles sommes de travail à diviser".⁷ Elle illustre cet énoncé à l'aide de plusieurs exemples puisés au hasard des pages féminines de grands quotidiens. Jacobs relève notamment qu'un produit manufacturé est ajouté à un service et qu'un service est ajouté à un procédé de fabrication. Un artiste se lance dans la production de biens d'artisanats et un designer dans la fabrication de produits manufacturés. Un manufacturier et un distributeur créent une nouvelle forme de distribution tandis qu'un distributeur crée un service éducatif (Jacobs, 1970: 62-63). Elle illustre ce processus de la façon suivante (figure 1).

Figure 1.
Division du travail et innovation selon Jacobs



Source: Jacobs (1970: 58).

Jacobs (1970: 58-60) traite également de la "logique" de l'ajout d'un élément novateur à un travail plus ancien. Elle postule que les créateurs techniques, à l'instar des créateurs artistiques, sont attentifs aux "messages" émanant de leur oeuvre. Elle ramène ces "suggestions" à deux processus: 1) certaines idées sont suggérées par les matériaux ou le savoir-faire (*skills*) déjà utilisés; 2) l'observation de problèmes survenant dans le cadre

⁷ "Existing division of labor multiply into more divisions of labor by grace of intervening added activities that yield up new sums of work to be divided."

d'une activité amène un créateur à envisager certains correctifs. Jacobs ajoute que même si le nouveau travail ne semble pas relié au travail d'origine (*parent work*), on peut être à peu près certain qu'un problème périphérique dans l'activité établie a suggéré la création du nouveau bien ou service. Elle identifie deux processus pour expliquer les transferts de connaissances entre diverses activités ne présentant pas de liens apparents: 1) une innovation mise au point par un producteur le "sort" complètement du classement statistique lui ayant été attribué préalablement (par exemple, un sculpteur devient joaillier et un entrepreneur en excavation devient locataire d'équipements lourds); 2) un procédé ou un matériau utilisé dans une activité quelconque attire l'attention d'une personne ne travaillant pas dans ce secteur. Selon elle, les cas du premier type sont plus fréquents. Elle souligne que ces processus relèvent de la logique du producteur et non des consommateurs du travail d'origine (Jacobs, 1970: 60-61). Son cadre théorique n'est toutefois pas déterministe, car elle insiste fortement sur l'importance cruciale des individus créatifs (Jacobs, 1970: 60).

Un point particulièrement important pour notre analyse (et que nous aborderons plus en détail dans le premier chapitre) est la pertinence des classements industriels pour comprendre l'innovation technique. Jacobs (1970: 61-62) est particulièrement cinglante sur le sujet:

[The logic of adding new work to old [is not] the abstract logic of the economic statistician or the city zoner. These people place work into various categories such as "local services", "district retail trade", "light manufacturing," "the underwear industry," "the prosthetics industry," and so on. These are useful categories for some type of economic analysis, but insofar as they are relevant at all to understanding how old work leads to new, they interfere with our understanding...

The point is that when new work is added to older work, the addition often cuts ruthlessly across categories of work, not matter how one may analyze the categories. Only in stagnant economies does work stay docilely within given categories. And wherever it is forced to stay within prearranged categories - whether by zoning, by economic planning, or by guilds, associations or unions - the process of adding new work to old can occur little if at all.

Comme nous l'avons souligné, Jacobs élabore dans un premier temps une théorie de l'innovation qu'elle situe ensuite dans le contexte des agglomérations urbaines. Nous nous contenterons ici de rappeler certaines de ses observations qui, bien que formulées plus explicitement dans The Economy of Cities, sont reprises succinctement dans un

autre ouvrage, Les villes et la richesse des nations (Jacobs, 1992). Jacobs observe donc que l'activité économique se développe par l'innovation, prend de l'expansion grâce à la substitution des importations et que les villes diversifiées sont le meilleur vecteur pour mener à bien ces deux activités. Selon elle, l'innovation et la substitution sont des fonctions urbaines pour des raisons pratiques. Premièrement, indépendamment du lieu ou de l'époque, elles ne peuvent être accomplies de façon rentable, efficace et souple que dans une agglomération dont la production est suffisamment diversifiée pour fournir les assises dont un entrepreneur ou un technicien a besoin. En second lieu, les marchés urbains sont simultanément variés et concentrés. Contrairement aux zones rurales, aux villes mono-industrielles ou aux petites villes de province, les grandes villes sont bien plus susceptibles de favoriser la production rentable de nombreux biens et services, particulièrement au moment où démarre la production d'un bien substitut pour lequel il faut conquérir une part du marché (Jacobs 1992: 47-48).

La clef de l'approche de Jacobs est son emphase sur les processus (Jacobs 1991: 426-7). Elle est toutefois prudente quant aux généralisations que l'on peut tirer de l'observation de certains phénomènes, car ces processus sont trop complexes pour être invoqués sans discernement et en les isolant du contexte où oeuvrent les individus.

0.2.2 L'heuristique de Jacobs

L'apport de Jacobs fait une large part à la créativité, l'entrepreneuriat et aux économies d'urbanisation. Il se démarque donc nettement des travaux sur des sujets connexes menés à la même époque et l'on comprend que certains analystes l'ait tour à tour qualifié d'anecdotique, peu rigoureux et impossible à vérifier empiriquement (Allen, 1997). Sa démarche est toutefois beaucoup plus systématique que ce que la seule lecture de ses ouvrages à caractère économique peut laisser croire. Au point de vue épistémologique, l'oeuvre de Jacobs s'inscrit dans une version ancienne du paradigme de la complexité évolutive, i.e qu'elle cherche à comprendre des problèmes qui impliquent la prise en compte simultanée d'un nombre appréciable (mais pas énorme) de facteurs étroitement interconnectés au sein d'un ensemble organique.⁸

⁸ La démarche épistémologique de Jacobs est décrite sommairement dans le dernier chapitre de Déclin et survie des grandes villes américaines. Elle y reprend la distinction de Warren Weaver entre les problèmes d'une simplicité élémentaire (comprenant deux variables directement fonction l'un de l'autre), les problèmes d'une complexité inorganisée (comprenant des milliards de variables et pouvant être traités par des

Pour comprendre ce genre de problèmes, Jacobs suggère d'identifier un facteur spécifique ou une quantité pour ensuite découvrir, au terme d'une recherche laborieuse, les liaisons complexes de ce facteur ou de cette quantité ainsi que ses interconnexions avec d'autres facteurs ou quantités. Toutes ces observations doivent être effectuées en fonction des réactions (et non pas de la simple présence) d'autres facteurs ou quantités bien identifiées (et pas simplement sur un plan général). Elle suggère donc une approche systématique: 1) réfléchir aux processus en cours; 2) employer la méthode inductive pour raisonner, soit aller du particulier au général; 3) rechercher des indices dont on ne peut pas tirer de moyennes et concernant de très petites quantités, pour comprendre comment les choses se passent à une échelle plus importante, appréhendable à travers des moyennes. Elle suggère de réfléchir aux processus en cours, car les objets d'observation au sens large peuvent produire des effets radicalement différents suivant les circonstances où ils sont situés. Jacobs suggère également la méthode inductive, car selon elle si l'on part d'une idée générale, on risque fort d'aboutir à une absurdité. Pourquoi finalement rechercher des indices qui sortent de la norme et qui concernent seulement de petites quantités? Bien que Jacobs ne nie pas l'importance de certaines études statistiques, elle croit toutefois que les quantités ainsi mesurées ne nous apprennent pas grand chose sur la façon dont elles se comportent dans des systèmes d'une complexité organisée et que pour le savoir, il faut disposer d'indices ponctuels précis.

Bien que cette démarche puisse sembler peu rigoureuse, elle est probablement beaucoup plus près des processus cognitifs habituels des chercheurs fondamentaux que ce l'on croit ordinairement, car comme certains auteurs l'ont remarqué, l'immense majorité des articles scientifiques ne révèlent en rien la démarche intellectuelle sous-jacente (Holton, 1996; Medawar, 1990; Smith, 1982). Wernher von Braun a ainsi déjà soutenu que la "recherche fondamentale est ce que je fais lorsque je n'ai aucune idée de ce que je fais".⁹ Quoi qu'il en soit, il nous semble que non seulement l'heuristique de

méthodes statistiques) et les problèmes d'une complexité organisée. Il est toutefois entendu que l'étude de la complexité évolutive a beaucoup changé depuis et que l'émergence des ordinateurs permet d'envisager ces problèmes à l'aide de mathématiques complexes, sans toutefois nécessairement obtenir des résultats convaincants (voir notamment Waldrop, 1992).

⁹ "Basic research is when I'm doing what I don't know I'm doing." Citation sans référence, Discover, Avril 1999, p. 20.

Jacobs ne devrait pas interdire l'analyse de son oeuvre, mais que les chercheurs y référant devraient même la garder à l'esprit, ce qui n'a pas souvent été le cas jusqu'ici.

0.3 Spécialisation ou diversité locale: le débat empirique

0.3.1 Les résultats

Contrairement à ses écrits urbains, la théorie économique de Jacobs a longtemps été négligée par les spécialistes des études régionales, probablement parce qu'elle s'inscrit résolument hors des cadres positiviste et marxiste.¹⁰ Elle est toutefois citée depuis quelques années par certains économistes de renom (Feldman et Audretsch, 1999; Glaeser, 1998; 1999; Harrison et al., 1996a; 1996b; Nowlan, 1997; Quigley, 1998). Sa redécouverte et sa validation par une cohorte de chercheurs ne jurant que par la modélisation mathématique ne se comprend toutefois que dans la mesure où on l'inscrit dans la foulée de deux autres courants influents, la "nouvelle théorie de la croissance endogène" (*New Growth Theory - NGT*)¹¹ et la "complexité évolutive".¹²

Au risque de simplifier, les principaux théoriciens de la NGT mettent surtout l'emphase sur la création de connaissances et sur les retombées de la création de connaissances hors de l'entreprise les ayant créées. Or devant le vide théorique de l'économie contemporaine sur ces processus, le prix Nobel Robert Lucas (1988) s'est tourné vers

¹⁰ On trouve bien quelques auteurs qui, à l'instar de Hall (1990), Harrison (1992) et Perrin (1992), la citent à l'occasion, mais son corpus théorique n'a jamais été véritablement examiné en détail ou utilisé comme principal support théorique d'une démarche empirique jusqu'à tout récemment.

¹¹ La NGT est un corpus théorique hautement mathématisé construit autour de l'idée que les effets induits positifs de l'accumulation de connaissances techniques et de capital humain se manifestent par des rendements croissants. Elle contredit la vision dominante chez les économistes qui, depuis John Stuart Mill, croyaient que l'ajout d'intrants n'amènerait pas, au-delà d'un certain seuil, une hausse comparable des extrants. Griliches (1991) remarque que la NGT a remis l'emphase sur deux points: 1) le changement technique est le résultat d'investissements économiques conscients et de décisions explicites faites par plusieurs agents économiques différents; 2) il est peu probable que sans externalités, débordements (*spillovers*) ou d'autres sources de rendement social croissant, la croissance économique puisse se poursuivre à un rythme constant ou soutenu dans le futur (que ces deux points soient considérés comme des avancées importantes en dit long sur le réalisme de l'économie contemporaine...). Pour une recension sommaire de cette littérature ainsi qu'une application de ce cadre théorique au développement régional, voir Martin et Sunley (1998). Pour une critique pertinente, voir Lacoude (1996) et Holcombe (1998). Certains auteurs francophones (Rallet, 1993) utilisent l'expression "théorie de la croissance endogène" pour désigner ce courant, mais cette appellation porte trop à confusion avec certaines théories du développement local pour que nous la retenions dans le cadre de ce travail.

¹² L'importance du paradigme de la complexité est moins importante que la NGT dans les écrits des économistes renvoyant à Jacobs. Il demeure toutefois primordial dans la mesure où il favorise une certaine ouverture d'esprit à des approches plus hétérodoxes.

l'oeuvre de Jacobs (1969), tandis qu'un lauréat de la médaille John Bates Clark,¹³ Paul Krugman (1991), s'est converti aux vertus de la géographie économique. Ce regain d'intérêt pour l'économie urbaine et régionale a essentiellement donné lieu à deux types de travaux. Un premier courant s'acharne à redécouvrir le domaine et n'apporte sans doute pas grand chose de neuf aux travaux antérieurs des géographes, des économistes urbains et des spécialistes de la science régionale (Hansen, 1995; Martin et Sunley, 1996). Un second groupe de chercheurs inscrit par contre la contribution de Jacobs dans l'analyse plus ancienne de la diffusion technique intersectorielle (Glaeser et al., 1992; Feldman et Audretsch, 1999).

On observe donc depuis quelques années un intérêt croissant pour l'analyse de la diffusion intersectorielle à l'échelle urbaine. Cette problématique s'inscrit toutefois dans un débat beaucoup plus ancien d'où avait émergé un consensus selon lequel la "croissance de l'emploi dans un secteur dépend davantage de la taille du secteur [à l'échelle métropolitaine] que de la taille de l'agglomération métropolitaine" (Mills, 1992: 3, notre traduction). Comme l'écrit Beeson dans une synthèse de cette littérature:

The... issue [is] whether the advantages of scale and proximity relate primarily to increases in the scale of activity in a particular industry, with all benefits accruing primarily to that industry (localization economies), or whether they relate more generally to the overall scale of activity in an area, thereby affecting the productivity of all firms (urbanization economies). A number of studies examining the relationship between levels of productivity and the scale of production in cities conclude that localization economies tend to dominate. This conclusion is supported by the tendency for cities to specialize in the production of specific goods (...) and by evidence from studies of the relationship between industrial clustering and employment growth (...). To the extent that localization economies tend to dominate, industry-specific as opposed to general economic policies may be in order (Beeson, 1992: 24).

Glaeser et al. (1992) développeront cependant une nouvelle approche pour évaluer l'impact de la diversité économique locale. Au risque de simplifier leur démarche, ces chercheurs utilisent un quotient de localisation et une mesure de la diversité locale (pourcentage d'emploi occupé dans une ville par les employés des cinq plus grandes industries à l'exception de l'industrie sous étude), de même que certaines données (SIC à deux chiffres) sur les secteurs industriels des principales agglomérations urbaines

¹³ Cette médaille est attribuée tous les deux ans au meilleur économiste de moins de quarante ans.

américaines pour 1956 et 1971. Les auteurs observent très nettement que l'emploi croît plus rapidement dans les secteurs industriels localisés dans les villes plus diversifiées que la moyenne nationale.¹⁴ Coffey et Shearmur (1998), de même que Bélanger et al. (1997), reprendront ensuite cette analyse dans le contexte canadien et obtiendront des résultats similaires. Dans une démarche quelque peu différente, Feldman et Audretsch (1999: 427, notre traduction) concluent également, à partir de l'analyse d'une banque de données d'inventions américaines que "la diversité à travers des activités économiques complémentaires partageant des fondements scientifiques communs produit davantage d'innovations que la spécialisation régionale."¹⁵ Harrison et al. (1996a; 1996b) notent également, à partir de l'étude d'un échantillon d'entreprises oeuvrant dans le secteur des métaux (*metal working firms*), que la diversité locale semble plus importante que les économies de localisation comme facteur explicatif du comportement novateur des entreprises, qu'ils établissent à partir de l'achat de certains équipements (*computer programmable automation*).

D'autres études obtiennent toutefois des résultats plus mitigés. Bostic, Gans et Stern (1997) ne trouvent pas de relation directe entre les gains de productivité et la diversité économique locale à partir de données tirées des recensements américains de 1870, 1880 et 1890. Ils observent toutefois que la croissance de la main-d'oeuvre employée dans une industrie est reliée positivement à la diversité économique locale. Henderson, Kuncoro et Turner (1995) observent également à partir de nombreuses bases de données sur les activités manufacturières (*Census of Manufactures, County Business Patterns, State and Metropolitan Area Data Book, Census of Population* et le *City and County Data Book*) que les industries matures dépendent davantage des retombées intra-industrielles tandis que les nouvelles entreprises de haute-technologie dépendent simultanément des retombées intra et interindustrielles. Au terme d'une analyse de données pour un nombre restreint d'industries, mais introduisant un plus grand nombre de variables contrôles, Henderson (1997) conclut que la spécialisation est plus importante que la diversité économique locale, ce qui ne veut toutefois pas dire selon lui

¹⁴ Les auteurs observent également qu'un secteur industriel urbain composé d'entreprises de plus petite taille est plus susceptible de créer des emplois, un constat n'étant pas toujours corroboré dans les études subséquentes. Comme nous l'avons cependant déjà souligné, la problématique de la taille des entreprises ne fait pas partie du champ de notre recherche.

¹⁵ "The results indicate that diversity across complementary economic activities sharing a common science base is more conducive to innovation than is specialization."

que cette dernière ne joue pas non plus un rôle important dans certains cas. Miracky (1994) étudie un vaste échantillon d'industries pour la période allant de 1970 à 1990 et n'identifie à peu près aucun effet de la diversité économique locale. Il note toutefois que la spécialisation régionale aurait un effet plutôt négatif.¹⁶ Dans une étude plus récente, Santiago et Lobo (1999) utilisent la croissance des salaires moyens (*wage per worker growth*) dans les trente plus grandes villes américaines entre 1975 et 1995 pour mesurer l'impact de ces externalités. Ils disent ne trouver aucune trace des "externalités Jacobs".

Glaeser (1999) conclut donc, au terme d'une recension partielle de cette littérature, que le débat sur le rôle de la spécialisation et de la diversité n'a toujours pas été résolu, car différentes périodes et échantillons suggéreraient qu'il n'y a pas de vérité universelle sur le sujet. Nous croyons toutefois que ces résultats contradictoires s'expliquent peut-être davantage par la méthodologie retenue par les chercheurs que par une quelconque fluctuation dans le lieu et le temps des processus qu'ils cherchent à comprendre.

0.3.2 Les problèmes empiriques

On trouve donc un certain nombre d'études dont les auteurs soutiennent démontrer que la diversité économique locale induit la diffusion intersectorielle. Certains auteurs jugent cet impact crucial (Feldman et Audretsch, 1999; Glaeser et al., 1992; Harrison et al., 1996b), d'autres le croient moins important, mais sans en nier l'existence (Bostic et al., 1997; Henderson et al., 1995; Henderson, 1997), tandis que quelques chercheurs sont incapables de le déceler (Miracky, 1994; Santiago et Lobo, 1999). Bien que novatrices, ces études n'en contiennent pas moins certaines lacunes suffisamment sérieuses pour justifier une démarche alternative, comme nous allons du moins essayer de le démontrer.

Un premier problème de ces travaux est que l'analyse présentée n'est dynamique que dans la mesure où l'on observe deux séries de données ne couvrant que deux années sur une période de quelques décennies. On y trouve donc aucune description, même sommaire, des processus par lesquels une idée, une technique ou un matériau développé dans un domaine sera utilisé dans un autre secteur. Feldman (1999)

¹⁶ Notre description de Miracky (1994) est basée sur le résumé qu'en fait Glaeser (1999): "Miracky... looks at a complete set of industries in the 1970-1990 period, and finds little positive or negative benefits of diversity across all specifications. He does find some negative evidence against concentration."

remarque ainsi que l'on ne sait toujours pas au terme de ces travaux comment les interactions sociales débutent, comment elles se transforment en une relation de travail et comment le savoir-faire utile est créé.¹⁷ Il s'agit d'ailleurs d'un constat qui est partagé par certains critiques du courant des milieux novateurs.¹⁸ Une recension de la définition des "externalités Jacobs" dans ces études illustre bien le problème (tableau 1).

¹⁷ "We still have a limited understanding of the way in which knowledge spillovers occur and benefit innovative activity. Marshall... tells us that knowledge "is in the air" and although we may cite Marshall, this answer is simply not very satisfying. To date, the mechanisms of externalities and knowledge spillovers have not yet been made explicit... we do not know how social interaction is initiated, how it evolves into a working relationship and how economically useful knowledge is created."

¹⁸ Asheim (1996) critique ainsi les auteurs s'inscrivant dans cette mouvance pour leur incapacité "to specify the mechanisms and processes which promote innovative activity more successfully in some regions than in others" (cité par Malecki et Oinas, 1999).

Tableau 1.
Quelques définitions des "externalités Jacobs" dans les études empiriques

Although [Jacobs'] argument is complex, it is based on the contention that spatial concentration of large groups of people permits a great deal of personal interaction, which in turns generates new ideas, products, and processes.

- Mill et Hamilton, 1994: 17.

Jacobs' idea is that the crucial externality in cities is cross-fertilization of ideas across different lines of work. New York grain and cotton merchants saw the need for national and international financial transactions, and so the financial services industry was born. A San Francisco food processor invented equipment leasing when he had trouble finding financing for his own capital: the industry was not invented by bankers. In a more systematic account, Rosenberg (1963) discusses the spread of machine tools across industries and describes how an idea is transmitted from one industry to another. Scherer (1982) presents systematic evidence indicating that around 70 percent of inventions in a given industry are used outside that industry. Much evidence thus suggests that knowledge spills over across industries. Because cities bring together people from different walks of life, they foster transmission of ideas.

- Glaeser et al., 1992: 1131-32.

Jacobs effects are supposed to derive from the diversity of the local urban environment which surrounds an industry. Diversity enhances knowledge accumulation as producers in an industry can draw upon a greater diversity of ideas from other industries, through interacting socially and commercially.

- Henderson, 1997: 464.

Jacobs (1969) argues that the most important sources of knowledge spillovers are external to the industry in which the firm operates and that cities are the source of innovation because the diversity of these knowledge sources is greatest in cities. Thus Jacobs develops a theory that emphasizes that the variety of industries within a geographic region promotes knowledge externalities and ultimately innovative activity and economic growth. *Of course, there should be some basis for interaction between diverse activities. A common science base facilitates the exchange of existing ideas and generation of new ones across disparate but complementary industries*

- Feldman et Audretsch, 1999: 412, nos italiques

De fait, comme le souligne Quigley (1998: 136), bien que les auteurs de ces études interprètent leurs résultats en termes de savoir-faire (*knowledge*) et d'éducation formelle (*education*), ils n'ont aucune preuve directe démontrant que la diffusion intersectorielle est plus importante que les économies d'urbanisation. Becker (1999) souligne également que l'utilisation de ces données et l'interprétation qu'en font les auteurs exagèrent l'importance des économies de localisation au dépend du rôle de certains fournisseurs cruciaux. Glaeser et al. (1992) remarquent de plus que leur preuve est indirecte, que leur variable dépendante (le nombre d'emplois) ne rend pas compte des

gains de productivité associés à des techniques réduisant les besoins en main-d'oeuvre, qu'un code industriel à deux chiffres est souvent problématique et que certains arguments économiques traditionnels comme le niveau des salaires peuvent être plus significatifs. Glaeser (1998: 147) ajoute même, au terme d'une recension partielle de ces études, que la conviction partagée par bon nombre d'analystes que les villes sont essentielles à la diffusion des connaissances repose davantage sur des anecdotes et des études de cas plutôt que sur des preuves solides.¹⁹

L'étude de Feldman et Audretsch (1999), bien que représentant là encore une tentative intéressante de mesurer le phénomène, nous semble problématique en raison de l'utilisation d'une base de données composées de 4200 inventions compilées par la Small Business Administration américaine. Comme nombre d'auteurs l'ont souligné, tout exercice de décompte d'innovations dans un secteur ne peut qu'être parcellaire et peu représentatif, car s'il permet jusqu'à un certain point de jauger l'activité novatrice, il ne nous apprend rien sur le volume des transactions impliquées (Torre, 1990: 91). Bramanti (1992: 291) remarque également que les banques de données de ce type contiennent presque toujours un biais au niveau de la sélection des innovations, car la principale source d'information utilisée est ordinairement la presse spécialisée qui n'enregistre que les nouveautés ou les transactions les plus importantes, le plus souvent à partir des informations communiquées par les grandes entreprises. De fait, un exercice au terme duquel on identifie que 4200 innovations commercialisées en une année nous semble discutable lorsque l'on sait que Toyota introduit plus de 60 000 suggestions de ses employés dans ses seules usines américaines pendant la même période.²⁰

0.4 Objectifs de la démarche

Les analystes ayant étudié la diffusion intersectorielle, localisée ou non, ne se sont jamais sérieusement arrêtés sur les fondements et les processus de cette diffusion, pas plus qu'ils n'ont essayé de comprendre l'influence qu'une ville diversifiée pourrait avoir sur ces processus. Notre principale question de recherche est donc:

¹⁹ "Ultimately, our belief in the intellectual role of cities comes mainly from cases studies and anecdotes rather than overwhelming hard evidence."

²⁰ Ce chiffre est tiré d'un encart publicitaire ayant été publié dans *The New Republic* 212 (21), issue 4192, May 1995, p. 43. Il est entendu qu'aucune définition de "suggestion" n'est fournie, mais cet exemple est tout de même indicatif de l'écart entre la banque de données de la SBA et la réalité.

Quels sont les principaux processus par lesquels des individus créatifs combinent des composantes, des techniques et des savoir-faire différents et quelle influence une ville diversifiée peut-elle avoir sur ces processus?

Cet objectif nous semble réaliste dans la mesure où nous fondons notre analyse sur un axiome indiscutable: l'innovation technique se concrétise par la combinaison de choses ou de principes déjà existants. Nous proposons donc d'explorer deux thématiques à partir de cette prémisse: 1) les caractéristiques du processus créatif chez l'être humain ayant trait à la combinaison de savoir-faire et d'artefacts et leur application aux transferts de techniques entre différentes activités; 2) la nature des interactions entre agents économiques locaux comme catalyseurs de la combinaison de techniques et de savoir-faire. Nous adoptons conséquemment une perspective de la transmission du savoir-faire où la connaissance est continuellement créée et adaptée, par opposition à une conception plus statique où le savoir-faire est un contenu relativement déterminé pouvant être acquis et transmis tel quel.²¹ Notre travail vise donc à combler une lacune dans une littérature riche en quantifications de toutes sortes, mais dont les fondements conceptuels et théoriques nous semblent discutables, voire parfois inexistantes.

0.5 Description de la démarche

Nous chercherons dans un premier temps à clarifier certaines ambiguïtés sur le concept de diffusion intersectorielle et sur la mesure de la diversité économique locale en passant en revue les principaux travaux sur ces sujets (chapitre 1). Nous verrons (chapitre 2) comment certains cadres d'analyses holistiques et / ou linéaires de l'innovation technique ont mené l'analyse géographique de l'innovation sur des sentiers inadéquats pour notre problématique. La meilleure façon d'aborder notre problématique est selon nous de reprendre la suggestion de Crevoisier (1993: 5, italiques de l'auteur) pour qui les processus d'innovation au niveau régional "ne peuvent être compris qu'*en réintroduisant les capacités créatrices de l'homme dans la représentation du système économique*" car "l'étude de l'innovation est par définition un domaine qui... exige de prendre en considération la seule source connue jusqu'ici de créativité, à savoir le cerveau humain." C'est donc ce que nous ferons dans les chapitres 3, 4 et 5. Nous illustrerons ensuite que ces processus se déroulent quotidiennement dans le contexte

²¹ Hendrickx (1995) fournit un traitement plus élaboré de cette problématique, mais elle ne traite pas de la diffusion intersectorielle et de "l'effet milieu".

québécois en nous basant sur des entretiens que nous avons menés avec une cinquantaine d'inventeurs autonomes (chapitre 6). Nous suggérerons en conclusion d'autres pistes de recherche susceptibles de mener à une meilleure compréhension de cette problématique.

Nous avons donc choisi de mener deux démarches complémentaires pour mieux cerner notre problématique. La première a consisté en une revue de la littérature la plus large possible dont le fil conducteur était d'identifier les processus de combinaison et de réutilisation des savoir-faire et de matériaux. Nous avons donc consulté des écrits, des académiciens et des praticiens issus de disciplines telles que la psychologie, le génie, le droit, l'histoire des techniques et la gestion. Bien que nous ne puissions évidemment prétendre avoir couvert toutes les ressources pertinentes, nous croyons tout de même avoir obtenu un éclairage satisfaisant sur la combinaison de techniques.

Notre deuxième démarche a consisté à identifier un groupe d'inventeurs autonomes susceptibles d'éclairer davantage nos questions de recherche. Nous cherchions en procédant de la sorte à aller au-delà de la littérature sur la combinaison de techniques (principalement en psychologie cognitive et en histoire des techniques) qui se limite trop souvent à l'étude d'individus exceptionnels. S'il n'y a aucune raison de croire que les processus créatifs diffèrent fondamentalement d'un technicien à l'autre, il nous semblait néanmoins douteux de ne référer qu'à des individus hors du commun. Nous pensions également qu'un tel travail nous permettrait de mieux saisir la dimension tacite des savoir-faire et les processus menant à ces combinaisons. De plus, l'absence de démarche qualitative combinant simultanément le processus combinatoire et la diversité économique locale nous a naturellement amené à interroger des individus sur ces deux facettes de l'activité créatrice. Il est toutefois entendu que si notre recension de la littérature a précédé notre démarche empirique, les deux se sont mutuellement influencées par la suite. Notre cadre théorique est donc autant le résultat de notre démarche empirique que de nos lectures.

La forme finale de notre travail est donc, du moins sous certains aspects, relativement éloignée des recherches traditionnelles en géographie économique, car nous avons délaissé l'approche de la "diffusion intersectorielle" pour nous concentrer sur la créativité individuelle et les facteurs susceptibles de l'influencer dans un milieu diversifié. Nous essayons donc de construire un cadre théorique basé sur certains principes

cognitifs communs à tous les individus doués pour la création technique. Nous analysons ensuite l'influence de certains facteurs externes influençant la créativité individuelle dans le contexte du travail d'équipe (principalement en entreprise) et du milieu géographique immédiat d'un individu.

0.6 Limites de la démarche

La combinaison de traditions aussi hétéroclites que la psychologie cognitive, l'étude de la gestion, l'histoire des techniques et l'analyse économique du changement technique est évidemment hasardeuse pour un chercheur ne disposant que d'une formation formelle en géographie. Cette démarche nous a toutefois semblé être la seule susceptible d'approfondir de façon significative l'analyse de notre problématique, car nous abordons deux thématiques universelles sur lesquelles ont travaillé de nombreux auteurs.

Les gains résultant de l'intégration de plusieurs traditions nous ont semblé beaucoup plus importants que ceux pouvant être espérés d'une recherche confinée à une seule perspective. Il est toutefois entendu que nous ne pouvons prétendre avoir procédé à une revue exhaustive de la littérature dans tous les domaines consultés, ou même d'avoir consulté tous les écrits fondamentaux dans un domaine, car chacune des thématiques abordées a généré une littérature volumineuse, variée et bien souvent contradictoire. Reiter (1992) mentionne ainsi pour le seul domaine de la cognition des contributions en histoire économique, en histoire des sciences, en psychologie individuelle et sociale, en philosophie, en logique et en informatique. Nous nous sommes toutefois attachés à cerner les éléments les plus susceptibles d'éclairer notre problématique. Pour ce faire, nous nous basons sur des idées et des concepts nous ayant semblé bien acceptés dans leur domaine, mais en évitant autant que possible l'emploi de termes trop spécialisés ou controversés. Nous avons également soumis notre approche à la critique d'experts (tant académiciens que praticiens) issus de différents domaines. En ce sens, la diversité économique de Montréal nous aura facilité la tâche, bien qu'à l'instar de la plupart des individus nous ayons largement débordé les limites de notre agglomération urbaine d'appartenance pour trouver des solutions à nos problèmes.

Nous avons tenu à illustrer notre propos de nombreuses anecdotes couvrant un large éventail de lieux et de périodes historiques afin d'illustrer l'universalité des processus de

combinaisons de techniques. Nous avons forcément dû puisé dans certaines sources secondaires, mais nous avons cependant fait de notre mieux pour identifier des auteurs crédibles et compétents dans leurs domaines. Nos études de cas ne sont évidemment pas aussi complètes qu'on pourrait le souhaiter, ne serait-ce que pour n'avoir interrogé que les inventeurs et non leurs partenaires. L'absence de différents points de vue sur une innovation produit sans doute des compte-rendus biaisés, mais il nous a semblé plus utile de mener de nombreux entretiens sur un grand nombre d'inventions qu'un grand nombre d'entretiens sur un petit nombre d'inventions. Notre démarche est conséquemment critiquable sous certains aspects, mais elle nous semble valable dans la mesure où elle est originale et devrait permettre de poser les jalons de recherches subséquentes. Comme certains lecteurs seront à même de le constater, l'originalité de notre travail ne relève pas tant de l'analyse de la diversité économique locale ou de la diffusion intersectorielle - quoique nous croyons tout de même ajouter quelques contributions originales aux travaux dans ces deux domaines - mais bien plutôt de la combinaison de ces deux perspectives. Notre objectif n'est toutefois pas tant de produire l'analyse définitive de la "diffusion intersectorielle localisée" que de la renouveler en identifiant les processus par lesquels elle se concrétise et certaines conditions pouvant la faciliter.

CHAPITRE 1. UNE CRITIQUE MÉTHODOLOGIQUE DE L'ANALYSE DE LA DIFFUSION INTERSECTORIELLE ET DE LA MESURE DE LA DIVERSITÉ ÉCONOMIQUE LOCALE

Ancienne classification chinoise des animaux: les animaux se subdivisent en a) appartenant à l'Empereur, b) embaumés, c) apprivoisés, d) cochons de lait, e) sirènes, f) fabuleux, g) chiens en liberté, h) inclus dans la présente classification, i) qui s'agitent comme des fous, j) innombrables, k) dessinés avec un pinceau très fin en poils de chameau, l) et caetera, m) qui viennent de casser la cruche, n) qui de loin semblent des mouches.

- Jorge Luis Borges. Cité par John S. Crysdale. 1989. Classification par industrie dans le recensement canadien des manufactures: Vérification automatisée à partir des données sur les produits. Ottawa: Statistique Canada, p.1.

Le développement économique produit toujours une spécialisation et une diversification accrues des tâches, de même que l'apparition de nouvelles activités et la disparition de plus anciennes. Il nous est évidemment impossible de saisir complètement cette complexité grandissante, ce qui conduit toujours les individus à utiliser certaines abstractions pour grouper les activités en diverses classes ou catégories présentant des similitudes. Au risque de simplifier, celles-ci vont des perceptions relativement grossières des acteurs économiques aux structures plus rigides des organismes statistiques. Une classification peut donc être basée sur à peu près n'importe quel critère du moment qu'elle "a au moins en commun de présenter un effort d'organisation d'un univers en groupes suffisamment semblables pour être utiles à certaines fins" (Crysdale, 1989: 1). Le choix des critères d'inclusion et d'exclusion devient toutefois critique pour l'analyse dès que l'on cherche à mesurer des flux entre diverses catégories industrielles ou le niveau d'hétérogénéité d'un tissu économique, car on cherche alors à mesurer des flux entre des abstractions construites autour de certains critères souvent subjectifs. Nous croyons donc important d'examiner les critères de sélection retenus pour certaines classifications afin de comprendre ce que l'on entend ordinairement par "diffusion intersectorielle" et "diversité économique locale".

On utilise quatre principaux critères pour classer les activités économiques novatrices: 1) la technologie, i.e. une classification en fonction des caractéristiques technologiques de l'innovation; 2) le produit, i.e. une classification en fonction de la nature du produit dans lequel l'innovation sera probablement incorporée; 3) le secteur de production, i.e. une classification en fonction de la principale activité économique de l'entreprise ayant

généralisé l'innovation; 4) le secteur d'utilisation, i.e. une classification en fonction de l'activité économique principale des utilisateurs de l'innovation (OCDE, 1996: 20). Les analyses de la diffusion intersectorielle utilisent ces critères à divers degrés et reposent conséquemment surtout sur la classification industrielle et, dans une moindre mesure, sur celle des brevets.²² La classification industrielle est essentiellement construite autour du principal produit final d'une entreprise, à partir duquel on établit des regroupements. La classification du système des brevets est par contre élaborée autour du regroupement de procédés de production. Plusieurs analystes associent donc la classification industrielle à l'espace économique et la classification des brevets à l'espace technique (Archibugi, 1988; Hanel, 1994). Un examen plus détaillé de ces deux modes de classification révèle toutefois rapidement que les choses ne sont pas aussi tranchées. Il nous a donc semblé important d'examiner plus en détail les fondements de ces systèmes, car ils sont à la base de toutes les travaux traitant de "diffusion intersectorielle". Nous passerons ensuite en revue certains travaux empiriques, tant quantitatifs que qualitatifs, ayant abordé d'une façon ou d'une autre la diffusion intersectorielle et la diversité économique locale. Comme nous espérons le démontrer, la plupart des travaux sur ces problématiques contiennent suffisamment de questions litigieuses pour justifier une alternative théorique.

1.1 La classification industrielle et l'analyse de la diffusion intersectorielle

1.1.1 Problème conceptuel

On attribue généralement la paternité des systèmes de classification industrielle au schéma intellectuel légué par l'économiste Alfred Marshall (*Economic Classification*

²² On trouve évidemment plusieurs systèmes de classification industrielle. Nous n'avons toutefois pas effectué d'analyse comparative, les gains pouvant en être espérés nous ayant semblé tout à fait minimes en fonction des efforts requis. Le concept de "classification industrielle" utilisé dans ce texte renvoie donc pour l'essentiel à la *Standard Industrial Classification* (SIC) américaine (et plus particulièrement la révision de 1987), de loin le système le plus important à défaut d'être le plus précis ou le mieux conçu. Outre la SIC et les autres systèmes nationaux, on peut mentionner le *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities* (ISIC) et certains systèmes plus spécifiques tel que le *Harmonized Commodity Description and Coding System* (HS). Pour ce qui a trait aux brevets, nous traiterons surtout du système américain, quoique certaines caractéristiques du système canadien seront brièvement abordées. À l'instar des différents systèmes de classification industrielle, les classifications nationales de brevets diffèrent sensiblement les unes des autres. On doit toutefois mentionner que de sérieux efforts d'harmonisation ont été menés dans chacun de ces domaines au cours de la dernière décennie, notamment par le biais du *North American Industry Classification System* (NAICS) et d'ententes internationales sur la propriété intellectuelle.

Policy Committee, dorénavant ECPC, 1993a: 19; Rosenberg, 1976: 15; 1982: 71).²³

L'examen des principales oeuvres de Marshall révèle toutefois qu'il n'est pas très explicites quant à l'origine et aux usages potentiels d'une tel système. En fait, les fondements intellectuels de la classification industrielle moderne semblent avoir été oubliés. Comme le souligne un rapporteur anonyme du groupe de travail chargé de revoir la *Standard Industrial Classification*²⁴ américaine, ce système a été conçu il y a plus d'une cinquantaine d'années et a fait l'objet de plusieurs révisions au fil des décennies, mais les critères y ayant servi de fondements sont aujourd'hui inconnus.

The ECPC determined early in its review process that it was essential to understand the underlying concepts embedded in the existing U.S. Standard Industrial Classification (SIC) system, before recommendations could be made on developing a new system. The present U.S. SIC system originated over 50 years ago and has been revised many times, most recently in 1987. Little documentation now exists on how the SIC was developed and on its revision since its inception. For example, no written documentation was produced on the 1987 SIC revision, though some internal files exist for earlier SIC revisions. The bases for decisions that led to the current U.S. system have been lost in time (ECPC 1994a: 1).

Bien que l'on ne puisse retracer les critères retenus dans l'élaboration du SIC et d'autres systèmes similaires, nous croyons que les choix fondamentaux ont été effectués en fonction d'une description statique de l'activité économique et qu'ils ne sont pas vraiment adéquats pour analyser le transfert de savoir-faire ou de matériaux d'un contexte à un autre. Le principal problème est que le système de classification industrielle repose sur une analogie boiteuse avec la taxonomie des biologistes. On peut rappeler ici que Marshall, contrairement à la plupart de ses successeurs, considère le paradigme de la biologie beaucoup plus fécond pour l'avancement de la science économique que celui de la physique. Il écrit ainsi à la fin du siècle dernier dans ses Principes d'économie politique que de "nombreuses et profondes analogies... ont été découvertes entre l'organisation sociale, et particulièrement l'organisation industrielle, d'une part, et l'organisation physique des animaux supérieurs d'autre part" (Marshall 1971: 427) et que certaines ont justifié leur prétention de servir d'illustrations à l'unité d'action

²³ Un contemporain de Marshall, Charles Devas (1901: 102) a suggéré une approche similaire en distinguant au niveau des grands groupes: 1) les industries organiques comprenant les végétaux et les animaux; 2) les industries extractives comprenant les mines et les carrières; 3) les industries manufacturières comprenant les textiles et les vêtements, le travail des métaux, l'industrie du bâtiment et les autres industries; 4) les industries commerciales. Devas s'est peut-être inspiré de Marshall, mais il est fort probable qu'attribuer la paternité de la classification industrielle à Marshall, comme on le fait généralement dans la littérature, est peut-être un peu rapide.

²⁴ Pour une description des codes SIC, voir <http://weber.u.washington.edu/~dev/sic.html>

fondamentale existant entre "les lois du monde physique et celle du monde moral" (idem).²⁵ Selon Marshall (1971: 427), on trouve une règle commune aux deux domaines ne souffrant d'à peu près aucune exception: "le développement d'un organisme, social ou physique, entraîne une subdivision croissante des fonctions entre ses parties distinctes". Il ajoute que ce progrès (ou "différenciation") dans la subdivision des fonctions se manifeste dans la sphère industrielle sous la forme de la division du travail et du progrès de la spécialisation, des connaissances et du machinisme.

Marshall envisage donc le développement de l'industrie comme étant assez semblable à celui des espèces animales ou végétales où, à partir d'une espèce "souche", de multiples mutations créent progressivement de nouvelles espèces acquérant des caractéristiques uniques. Transposée au système industriel, cette analogie structurera les fondement des systèmes de classification industrielle où l'on catégorise le tissu économique en fonction de produits finis toujours plus spécialisés. On obtient donc, à titre d'exemple, un système qui à l'échelon supérieur contient des divisions (*divisions*) où l'on regroupe notamment les activités du secteur manufacturier (*Division D*, codes 20.11 à 39.99), comprenant le sous-secteur (*major group*) des aliments et produits reliées (code 20), le sous-sous secteur (*industry code basis*) de la transformation de la volaille et des oeufs (20.17), de la crème glacée et des desserts surgelés (20.24), des aliments pour chiens, chats et autres animaux domestiques (20.47), etc. Comme le remarque McKie (1965, cité par ECPC, 1993a: 19), l'économiste oeuvrant dans la perspective marshallienne envisage une structure industrielle à niveaux bien découpés où les entreprises ne produisent qu'un seul produit et où les frontières d'une industrie sont les mêmes que celles du marché.

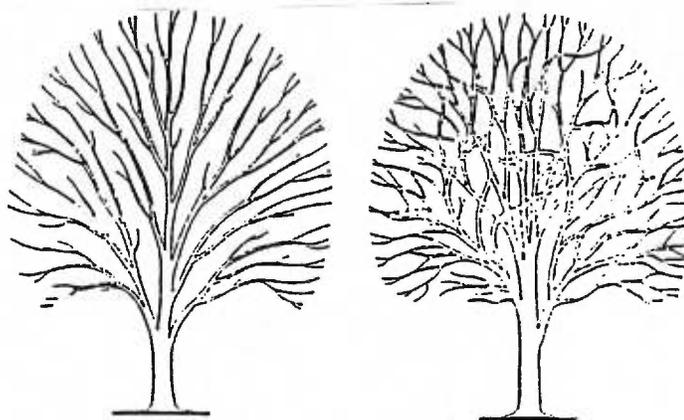
Un système de classification industrielle dérivé du schéma conceptuel de l'évolution biologique est toutefois inadéquat pour aborder l'innovation technique, car les processus "évolutifs" à l'oeuvre dans le monde animal et industriel sont radicalement différents. La première différence majeure est que l'évolution technique répond à l'action et aux objectifs des créateurs techniques, tandis que l'évolution des espèces ne suit aucune logique particulière et résulte davantage du hasard et de circonstances externes (Mokyr,

²⁵ Basalla (1988: 14ss) fournit un traitement plus détaillé des emprunts analogiques entre la sphère organique et la sphère mécanique. Bhidé (1999), Hirshleifer (1990 [1977]), Levinthal (1999), Mirowski (1988), Mokyr (1990) et Noteboom (1999), entre autres, font de même entre la sphère économique et la sphère organique.

1990: 280).²⁶ C'est toutefois au niveau de l'importance du principe combinatoire dans le processus évolutif que les deux univers diffèrent le plus. Dans le monde organique, des espèces différentes ne se combinent que très rarement, et lorsqu'elles le font, leur progéniture est ordinairement stérile.²⁷ Nous avons ainsi un code génétique qui est similaire à 99% à celui des grands primates, mais nous n'échangeons pas nos gènes avec les leurs. Comme nous le verrons toutefois plus en détail au chapitre 4, la recombinaison d'artefacts différents est l'essence même de la créativité humaine et du progrès technique.

Cette différence cruciale semble échapper à nombre d'analystes ne comprenant pas toujours que l'évolution technique résulte obligatoirement d'une combinaison et non pas d'un simple processus de division et de spécialisation plus poussée. L'une des illustrations les plus remarquables des différences entre ces deux processus de "création de nouvelles espèces" a été produite au début des années 1930 par l'anthropologue Alfred L. Kroeber dans son schéma de "l'arbre des espèces organiques" et de "l'arbre des artefacts culturels" (figure 2).

Figure 2
Arbre des espèces organiques et arbre des artefacts culturels selon Kroeber



Source: Basalla (1988: 138).

Dans le schéma de Kroeber, l'arbre des espèces organiques est identique aux arbres naturels, car chaque branche donne naissance à d'autres branches qui génèrent à leur

²⁶ Il est toutefois entendu que certains théistes ne partagent pas cette vision de l'évolution des espèces.

²⁷ Voir notamment (Basalla 1988: 137), Mokyr (1990: 280), Sahal (1981: 71) et Weber (1992: 243). Un chercheur peut toutefois extraire des gènes d'un poisson pour les incorporer au code génétique d'une framboise. Le niveau microbien est toutefois beaucoup plus propice à la combinaison d'espèces différentes.

tour de nouvelles pousses. Chaque branche demeure toutefois totalement isolée des autres et ne courbe jamais pour s'entremêler à d'autres branches (espèces) afin de produire de nouvelles formes de vie. L'arbre des artefacts culturels obéit toutefois à une logique différente. Plusieurs branches différentes y fusionnent pour créer de nouvelles pousses, qui se fusionnent à leur tour pour en créer d'autres. On pourrait ainsi dire que la branche du moteur à explosion se joint à la branche des bicyclettes et des charrettes pour créer la branche automobile, qui à son tour fusionne avec la branche des remorques tirées par des chevaux pour créer celle des camions.²⁸

Cette différence fondamentale entre les processus évolutifs biologique et technique a été relevée par quelques auteurs qui en ont tiré des constats complémentaires.²⁹ Rothschild (1990: 128) remarque ainsi que la capacité du cerveau humain d'imaginer et de rassembler consciemment divers morceaux de connaissances pour produire de nouvelles réponses est ce qui explique le rythme beaucoup plus rapide de l'évolution technique par rapport à l'évolution naturelle. Weber (1992: 243) abonde dans le même sens en soulignant que n'importe quelles composantes peuvent être combinées dans le monde de l'invention. On peut ainsi combiner un canard et un arbre pour produire un canard de bois servant d'appât. Le succès commercial est toutefois une autre question.

Nombre de chercheurs saisissent toutefois mal la différence fondamentale entre un processus évolutif résultant essentiellement de déviations et un autre résultant de combinaisons. Plusieurs analystes issus des sciences sociales, et plus particulièrement de la science économique, envisagent ainsi l'innovation technique comme un processus de raffinement toujours plus poussé d'une "branche sectorielle" résultant d'une démarche linéaire de R-D. Certains chercheurs ayant longtemps œuvré dans une telle perspective constatent toutefois depuis quelques années que leur paradigme est inadéquat et constatent que nous entrons dans l'ère des "technologies génériques" ou des "secteurs moteurs ayant des répercussions dans d'autres domaines". Rallet (1991: 54) soutient ainsi la thèse d'une transformation radicale du progrès scientifique et technique qui serait désormais caractérisé par "le développement de technologies génériques dont les applications potentielles sont transversales aux secteurs

²⁸ Comme nous l'avons vu, Jacobs (1970: 61-2) est bien consciente du problème, mais son choix d'illustration de la division du travail (figure 1) est problématique, car il n'illustre pas la combinaison de techniques dans les nouvelles divisions du travail comme le fait Kroeber (figure 2).

²⁹ Basalla (1988), Mokyr (1990), Rosenberg (1976), Sahal (1981), Weber (1992).

d'activité".³⁰ Les auteurs d'un rapport de l'OCDE constatent de même l'émergence de secteurs résultant de la fusion de savoir-faire plus anciens, notamment la "mécatronique" résultant d'une fusion de machines-outils et d'électronique, de même que de biotechnologies résultant de la combinaison de savoir-faire issus des industries alimentaires, du secteur pharmaceutique et de la chimie industrielle. Ils soutiennent toutefois que "le phénomène de fusion des technologies apparaît de toute manière caractéristique du changement technique contemporain. S'il n'est pas propre à notre époque, il est clair cependant qu'aucun mouvement d'intégration significatif n'a eu lieu avant les années 70" (OCDE, 1993: 35), des propos également tenus par Kodama (1992) dans son analyse du comportement novateur d'entreprises japonaises. De telles affirmations résultent de toute évidence d'une méconnaissance profonde de l'histoire des techniques, mais encore davantage selon nous d'un paradigme de l'activité économique empreint trop fortement du schème de l'évolution biologique. Il n'y a donc qu'une façon de corriger le problème: suivre la suggestion de l'économiste Nathan Rosenberg et abandonner la classification industrielle comme schéma de référence pour analyser la combinaison de techniques.

For this purpose, it is necessary to discard the familiar Marshallian approach, involving as it does the definition of an industry as a collection of firms producing a homogeneous product - or at least products involving some sufficiently high cross-elasticity of demand. For many analytical purposes it is necessary to group firms together on the basis of some features of the commodity as a final product; but we cannot properly appraise important aspects of technological developments... until we give up the Marshallian concept of an industry as the focal point of our attention and analysis. These developments may be understood more effectively in terms of certain functional processes which cut entirely across industrial lines in the Marshallian sense. (We suggest, only in passing, that such a focus may also provide a more fruitful approach to a theory of the multiproduct firm) (Rosenberg, 1976: 15, 292).

Les différences fondamentales entre l'évolution biologique et technique, de même que les problèmes en découlant pour l'analyse de la "diffusion technique intersectorielle" ont donc été documentés par plusieurs analystes, mais les implications de ce constat ont été négligées par bon nombre de chercheurs ayant produits moult travaux sur la

³⁰ Certains analystes distinguent les ressources génériques qui existeraient, d'un point de vue analytique, à l'extérieur et indépendamment des processus productifs dans lesquelles elles sont employées et les ressources spécifiques qui s'inscriraient et présenteraient des qualités et des caractéristiques acquises dans le déroulement du processus de production lui-même (Hendrickx, 1995: 70).

problématique de la « diffusion intersectorielle ». Il est toutefois entendu que ces derniers sont également familiers avec certains autres aspects problématiques de ces données.

1.1.2 Problèmes empiriques

Nous avons jusqu'à maintenant décrit la classification industrielle comme un système structuré autour du principal produit final, car il s'agit de la philosophie de la majorité de ses concepteurs et de ses utilisateurs. En pratique toutefois, une portion notable des catégories relève du procédé de fabrication plutôt que du produit final, ce qui s'explique par l'ambiguïté des concepts utilisés (ECPC, 1993a: 10-11), les besoins souvent incompatibles des différents utilisateurs (ECPC, 1993b: 9), les coûts de collecte des données qui sont souvent aussi importants dans des secteurs marginaux que dans des secteurs prépondérants (ECPC, 1993d: 2) et la difficulté d'évaluer l'utilisation finale des biens de production (Crysdale, 1989: 2). Un rapporteur anonyme de l'ECPC (1994a: 1) relève ainsi que la classification industrielle contemporaine est toujours tiraillée entre les démarcations établies selon les produits finis et les procédés de fabrication et que certains utilisateurs envisagent les fondements du système de façon radicalement différente d'autres usagers. En fait, comme le souligne un autre rapport de l'ECPC (1993c, document non paginé), plusieurs utilisateurs de la classification industrielle préfèrent un système "bâtardisé" à un autre reposant sur un cadre conceptuel dominant qui répondrait mieux aux critères des théoriciens.

Sans entrer dans le détail des rapports de l'ECPC, il ressort clairement à la lecture de ces documents que la classification industrielle américaine a historiquement fait l'objet de nombreux compromis et interprétations subjectives (ECPC, 1993a: 24; ECPC, 1994a: 5).³¹ Les produits dérivés du sucre sont ainsi répartis dans trois catégories différentes en raison de l'utilisation de différents procédés de production.³² D'autres produits, comme par exemple les outils manuels (*Hand and Edge Tools*) (SIC 3423) et

³¹ Ceci est encore plus vrai dans les nouvelles industries et dans le secteur des services (ECPC, 1994a: 12).

³² "The classification of sugar products is an old example that illustrates some of the differences between supply-side and demand-side conceptual basis for aggregation or grouping. The present U.S. SIC distinguishes granulated sugar (as well as molasses and other sugar products) made from sugar cane and puts these sugar products in a different industry from the same sugar products that are produced from sugar beets; sugar products that are made from raw cane sugar are yet another separate industry (these three industries are, respectively, SIC's 2061, 2063, 2062) (ECPC, 1993a: 16-17)."

les instruments de musique (SIC 3931) sont regroupés dans la même catégorie en fonction du critère d'utilisation. Les horloges et les montres (SIC 3873) ne sont cependant pas regroupées avec les chronomètres (*Timeclocks* et *time recording machines*) qui sont répertoriés dans une catégorie résiduelle (SIC 3579, *Office Machines, Not Elsewhere Classified*) (ECPC, 1993a: 22-23).³³ Certains analystes suggèrent de reclasser l'imprimerie et la publication d'ouvrages dans le code 48 (Communications) plutôt que de les laisser dans l'industrie manufacturière où on leur assigne le code 27 (ECPC, 1994b: 10). Les services environnementaux sont particulièrement problématiques, car on trouve des entreprises oeuvrant dans le domaine dans un grand nombre de groupes principaux (ECPC, 1993b: 11). Certains observateurs se plaignent également de l'inertie du système qui est encore profondément marqué par la classification originale des années 1930 (ECPC, 1993d: 12) et qui ne tient pas compte en tant que *major groups* d'industries plus récentes comme le plastique et l'électronique (ECPC, 1993b: 3).

Un autre problème important du système de classification industrielle est qu'il dissimule complètement la diversité de la production de la plupart des entreprises lorsqu'on leur assigne une catégorie.³⁴ Une usine de traitement du poisson où l'on s'adonne à la congélation des bleuets comme activité secondaire ne sera ainsi répertoriée qu'en fonction de la première activité (Crysdale, 1989: 3). Si cette situation n'est pas trop problématique lorsque l'analyste utilise un niveau d'agrégation relativement élevé, un service ponctuel peut cependant modifier considérablement le volume d'affaires et conséquemment la classification industrielle d'une entreprise. Un rapporteur de l'ECPC (1994b: 6) donne ainsi l'exemple d'une entreprise de recherche économique à qui l'on assigne ordinairement le code SIC 8732 (*Commercial, Economic, Sociological, and Educational Research*) qui, suite à l'obtention d'un contrat de services informatiques

³³ L'emploi des termes originaux nous semble préférable à une traduction boiteuse.

³⁴ Théoriquement, les diverses activités d'un établissement devraient être répertoriées séparément, chacune devenant alors un établissement (SIC, 1987: 12). Il semble toutefois qu'en pratique la chose soit peu courante. Comme le remarque Crysdale (1989: 3): "Une alternative au classement de l'unité totale dans une industrie donnée est la répartition au prorata des données la concernant. Cela pourrait donner lieu à des manipulations arbitraires et complexes pour rendre les chiffres conformes aux définitions du recensement des valeurs des livraisons et pour produire les données correspondantes sur les intrants. C'est pourquoi la solution a toujours consisté à classer dans une industrie donnée tout ce qui est produit par un établissement".

faisant appel aux compétences habituelles de ses employés réguliers, s'est vue assignée le code SIC 7371 (*Computer Programming Services*).

On comprend donc que les employés devant déterminer une classification industrielle pour leur employeur changent fréquemment leur code d'une année de recensement à l'autre selon le produit représentant le volume de vente le plus important (Harrison et al., 1996a) ou dans lequel il est la plus spécialisée à un moment donné (Crysdale, 1989). Pour compliquer davantage les choses, la plupart des firmes ont plusieurs branches, usines et centres de services. Il arrive donc fréquemment que le classement attribué à l'une ou l'autre installation d'une entreprise soit particulièrement trompeur. Les problèmes les plus fréquents sont généralement associés aux entreprises oeuvrant dans les secteurs primaires et secondaires, dont les sièges sociaux, les bureaux de vente, les laboratoires de recherche ou d'autres unités auxiliaires sont classés selon l'activité principale de l'entreprise à laquelle ils appartiennent, même si ces derniers représentent en fait des emplois dans le domaine des services (Chapman et Walker, 1987: 4; Coffey et Shearmur, 1996: 7, 124).

Les révisions fréquentes au classement industriel posent un autre problème sérieux pour l'analyse. On a ainsi procédé à des modifications importantes au SIC tous les dix ou quinze ans depuis sa conception dans les années 1930, ce qui complique l'analyse si l'on veut regarder évoluer les choses sur une période un peu substantielle. Le pire est toutefois à venir, car la révision la plus substantielle de l'histoire du système est celle ayant mené à la création du *North American Industry Classification System* (NAICS) en 1997.³⁵ On a ainsi effectué des changements structurels fondamentaux, notamment en ajoutant 350 industries au SIC et en basant le système sur un code à 6 chiffres plutôt que 4 (Zeisset et Wallace, 1998, document non paginé). Comme le soulignent également Zeisset et Wallace (1998), les premières données du NAICS devant être publiées en 1999 seront un véritable casse-tête pour leurs utilisateurs, mais plus particulièrement pour les tenants de l'analyse régionale. Outre le fait que ces derniers n'étaient déjà pas gâtés par l'ancien système en raison de la confidentialité des données de certaines entreprises dominantes dans une région (comme par exemple Boeing à Seattle ou Kodak à Rochester), il semble que des questions fondamentales comme le

³⁵Voir notamment <http://www.census.gov/epcd/naics/naicscod.txt>

déclin manufacturier ou la croissance de la vente au détail dans une région seront laissées sans réponse. Pour ce qui est de notre problématique, la modification la plus importante dans le NAICS est toutefois que les concepteurs du système semblent avoir clairement pris le parti des tenants du produit final (idem).

Doit-on toutefois conclure, à l'instar de Griliches (1990: 1666) que la conception que les économistes se font d'une industrie basée sur un produit final bien défini "n'est peut-être, après tout, qu'un mirage"? Ou encore, à l'instar de Rosenberg (1982: 76), que nous parlons toujours de "diffusion intersectorielle" parce que la plupart des analystes s'accrochent à une conception désuète du tissu industriel? Chose certaine, il ne faut sans doute pas s'attendre à ce qu'un cadre conceptuel élaboré pour décrire une situation soit nécessairement pertinent pour expliquer des processus dynamiques. Obtenir une image statique d'un tissu économique, même si elle est très grossière, est sans nul doute un exercice utile. Utiliser ce cadre conceptuel pour comprendre les processus d'adaptation de techniques à un nouveau contexte est toutefois extrêmement problématique. Il est d'ailleurs ironique de constater qu'Alfred Marshall (1971: 449) était bien conscient du problème, car il décrit dans un assez long passage de ses Principes d'économie politique comment la plupart des machines employées dans une fabrique de montres ne diffèrent pas par leurs caractères généraux de celles qui sont employées dans les autres industries travaillant les métaux légers et dans toutes les industries mécaniques. Il ajoute également que les ouvriers d'entreprises horlogères n'auraient aucun mal à se recycler dans ces autres domaines, car ils "trouveraient des machines très analogues à celles avec lesquelles ils sont familiarisés s'ils s'égarèrent dans une manufacture de fusils, dans une fabrique de construction de machines à coudre ou de machines à tisser".

Comme nous l'avons souligné d'entrée de jeu, la classification industrielle n'est qu'une façon parmi d'autres de cataloguer l'activité économique. Si elle est à la base de l'analyse de la diffusion technique "intersectorielle", elle n'est pas nécessairement la plus pertinente pour notre problématique, comme nous allons maintenant le constater en examinant les principes sous-jacents à la classification des brevets.

1.2 La classification des brevets et l'analyse de la diffusion intersectorielle³⁶

La structure de la classification industrielle est théoriquement structurée en fonction du produit final d'une entreprise. Plusieurs autres schèmes de classification reposent toutefois sur la similarité de principes techniques (Basalla, 1988). L'un des plus courants est attribué à un curateur danois du nom de Christian Jürgen Thomsen qui, à partir de 1816, divisa ses artefacts selon les principaux matériaux utilisés dans leur fabrication. Thomsen publie un catalogue de sa collection en 1836 et instaure par le fait même la division chronologique selon l'âge de pierre, du bronze et du fer. Cette division sommaire sera complexifiée par la suite, alors que l'on introduira des subdivisions supplémentaires, telles que par exemple le Paléolithique, le Mésolithique et le Néolithique (Bunch et Hellemans, 1993: 1).

Le principal système de classification basé sur le regroupement de principes techniques similaires est toutefois celui des brevets. Les brevets trouvent leur origine dans des privilèges accordés par certains monarques d'Europe occidentale du XVe au XVIIIe siècle. Par un curieux retournement de l'histoire, ce système survivra à la chute de la monarchie en basant sa légitimité sur la protection de la propriété intellectuelle. En théorie, un brevet est un document officiel par lequel un gouvernement confère à toute personne qui prétend être l'auteur d'une découverte ou d'une invention industrielle et en fait le dépôt dans les formes, un droit exclusif d'exploitation pour un temps déterminé (ordinairement vingt ans après la date du premier dépôt depuis quelques années). Les idées, les principes scientifiques et les formules mathématiques ne peuvent donc en faire l'objet. Pour être brevetée, une invention doit être examinée par une autorité certifiée en fonction de certains critères tels que la nouveauté, l'originalité et l'utilité. Un brevet n'offre toutefois que peu de garanties, car sa validité doit être déterminé par les tribunaux, ce qui amènent certains critiques à le qualifier d'autorisation de poursuivre quelqu'un devant les tribunaux (*a license to litigate*). Une fois accordé, le brevet entre dans le domaine public, ce qui permet à quiconque veut le consulter d'accéder, entre autres informations, à une courte description de l'invention, de son historique ainsi que le nom de son inventeur.

³⁶ L'ensemble des informations contenues dans cette section se retrouve sous une forme beaucoup plus détaillée dans Desrochers (1998).

1.2.1 Problèmes conceptuels

Le cadre conceptuel du système des brevets renferme deux facettes particulièrement importantes pour notre problématique. Le premier est qu'il déforme complètement la nature du processus créatif chez l'être humain, car il attribue une avancée technique unique en son genre à un inventeur ou à un petit groupe d'individus. Comme nous le verrons toutefois plus en détail dans le deuxième chapitre, l'innovation technique est beaucoup moins spectaculaire et résulte de la résolution progressive d'innombrables petits problèmes confrontant les individus les plus créatifs. L'examen des brevets révèlent d'ailleurs rapidement cette réalité. Un rapporteur anonyme de l'Office de la propriété intellectuelle du Canada (OPIC) écrit ainsi qu'en fait "90 pour cent des brevets représentent des améliorations apportées à des inventions déjà brevetées" (OPIC, 1994: 8). L'économiste Frederic M. Scherer (1987b: 124, notre traduction) fait le même constat au terme d'une démarche laborieuse au cours de laquelle il a examiné plus de 15 000 brevets en écrivant qu'il "est frappant de constater à quel point la plupart des innovations sont étroitement incrémentales". La vision de l'innovation sous-jacente au système des brevets obscurcit donc bien plus qu'elle n'éclaire les liens entre innovations et techniques différentes et / ou complémentaires (Basalla, 1988: 60-61; Rosenberg, 1976; 1982).

Le second aspect pertinent pour notre problématique est évidemment la structure de la Classification internationale des brevets (CIB), de la *United States Patent Office Classification* (USPOC)³⁷ et des autres systèmes nationaux conçus autour de principes techniques. On y trouve plusieurs centaines de classes et plusieurs centaines de milliers de sous-classes regroupant des appareils et des procédés utilisés dans des entreprises souvent fort différentes, mais présentant des similarités techniques. Une sous-classe traitant de la "distribution des liquides" comprend ainsi un brevet sur un pistolet à eau et un autre sur une fontaine d'eau bénite. Une autre sous-classe sur la distribution des solides comprend un brevet déposé sur un épandeur de fumier et un autre sur un tube de pâte dentifrice (Griliches, 1990: 1666). Le véritable problème est toutefois que l'inventeur déposant une demande de brevet n'est pas tenu de préciser son occupation. Il est donc à peu près impossible de savoir de quelles "industries" sont

³⁷ Voir notamment <http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/moc/index.html>

issues la plupart des brevets. Jacob Schmookler, le pionnier de l'analyse économique des brevets, était bien conscient du problème.

[A major] deficiency arose from the fact that I could not assign many inventions to a single industry. In part this resulted from my own ignorance, but often it reflected the interindustry character of technology. Thus, a given improvement in the diesel engine may be used in generating electricity or driving a locomotive, a given bearing may be used in shoemaking machine or a lawn mower, and a given knife may be used in harvesting or in kitchens. In consequence, the patent statistics used below generally do not include power plant inventions, electric motors, bearings, or other instruments or materials whose industry of origin was either multiple or simply not evident. Unfortunately, this means that the railroad data do not include inventions in the field of the steam or diesel engines, and that neither the farm nor the construction data include inventions on tractors (Schmookler, 1966: 23).

De fait, même si l'inventeur précisait les coordonnées de son employeur ou sa formation, la plupart de ces situations demeureraient problématiques, car, outre le problème de la classification d'une entreprise, nombre d'inventeurs travaillent à temps perdu sur un projet n'étant pas directement reliée à leur principale occupation, ou encore travaillent pour une entreprise de services ou pour une entreprise ayant une clientèle très diversifiée. De plus, bien que l'on fournisse souvent dans les brevets des usages potentiels pour l'invention, seul le système canadien a une procédure systématique pour assigner des industries potentielles aux inventions décrites dans ses documents. Comme nous le verrons toutefois plus en détail à la section 4.1.1, les inventeurs et les examinateurs ne peuvent véritablement savoir dans quel contexte une invention s'avérera la plus profitable.

1.2.2 Problèmes empiriques

Le cadre conceptuel des brevets est particulièrement intéressant pour notre recherche, mais certains de ces fondements le rendent quelque peu problématique. Là où le bât blesse encore davantage, c'est dans la valeur des brevets en tant qu'indicateurs de l'innovation. Comme nous allons maintenant le constater, nombre d'inventions ne sont pas brevetées et nombre d'inventions sont brevetées sans que le détenteur du brevet n'ait l'intention de les commercialiser.

Un individu, qu'il soit inventeur autonome ou à l'emploi d'une entreprise, a toujours deux options pour protéger une innovation: 1) le brevet; 2) le secret professionnel. Or nombre d'individus optent pour le secret, en raison principalement du coût très élevé du système des brevets. Un brevet peut être obtenu pour quelques milliers ou quelques dizaines de milliers de dollars, mais comme nous l'avons déjà mentionné, le détenteur n'obtient alors qu'une autorisation de se défendre ou d'attaquer un concurrent devant les tribunaux. C'est à ce moment que les coûts du système grimpent rapidement, alors que l'inventeur autonome ou l'entreprise doit engager de nombreux professionnels et attendre plusieurs années avant d'entendre un verdict incertain. Plusieurs individus et entreprises jugent alors que le jeu n'en vaut pas la chandelle.

La deuxième raison de ne pas breveter une invention est essentiellement juridique. Au risque d'y aller rondement, un brevet donne à son détenteur le droit d'interdire à d'autres individus de faire, utiliser et vendre l'invention y étant décrite. Cela ne garantit toutefois pas à son détenteur le droit de fabriquer, utiliser et vendre son invention. Supposons ainsi que l'inventeur X obtient un brevet sur un appareil comprenant les composantes A, B et C. L'inventeur Y observe l'objet ou le brevet, et après avoir constaté un petit défaut, y remédie en ajoutant la composante D et s'empresse d'obtenir un brevet sur son invention. Il peut ainsi empêcher quiconque de fabriquer et de vendre un produit comprenant les composantes A, B, C, et D. Y ne peut toutefois fabriquer et vendre son invention, car il empiéterait alors sur le brevet de X. Ce dernier ne peut cependant ajouter la composante D à son invention. Bien que dans un tel cas les deux inventeurs puissent s'entendre sur des licences d'exploitation, il est sans doute plus profitable pour Y de ne pas breveter son invention et de dépenser ses fonds à la mettre en marché, en espérant que X n'aura pas les moyens de lui créer des problèmes.

Une troisième raison de ne pas breveter une invention est qu'un champ technique peut évoluer trop rapidement pour que l'acquisition d'un brevet soit d'une quelconque utilité. On relève ainsi l'absence quasi totale de brevets dans les domaines de l'informatique et de l'électronique, car il est parfaitement inutile de payer un agent de brevet pour faire une recherche, attendre ensuite l'évaluation des examinateurs des autorités gouvernementales et le dépôt officiel d'un brevet quant la durée de vie utile d'une innovation n'est que d'un an ou deux dans le meilleur scénario.

Un inventeur peut finalement juger le brevet contre-productif s'il cherche à être le premier à occuper un créneau sur un marché afin d'établir son standard et / ou sa marque de commerce. De plus, l'immense majorité des entreprises sont extrêmement réticentes à n'avoir qu'un fournisseur dans un domaine, ce qui peut obliger un inventeur à renoncer à son brevet. B.F. Goodrich se vit ainsi dans l'obligation de renoncer à son monopole sur le pneu sans tube lorsqu'il constata qu'aucun des grands fabricants d'automobiles ne voulaient transiger avec un monopole (Rosegger, 1986: 141).

Bien que plusieurs individus, inventeurs autonomes ou salariés, ne se soucient pas réellement de la protection intellectuelle, des milliers de brevets sont néanmoins déposés annuellement. La plupart ne valent toutefois pas grand chose, alors qu'au mieux 10% des inventions brevetées seront mises en marché ou utilisées, le plus souvent sans grand succès (Desrochers, 1998). Force est également de constater que les brevets déposés contiennent une série de biais. Les procédés sont ainsi nettement moins susceptibles d'être brevetés que les produits. Contrairement aux affirmations de certains économistes (Mansfield, 1987a), les grandes entreprises sont beaucoup plus susceptibles d'utiliser les brevets que les petites entreprises, la meilleure preuve étant que moins de 700 entreprises accaparent annuellement plus de 60% des brevets déposés aux États-Unis. La nature des produits affectent également considérablement la propension à breveter. La plupart des entreprises pharmaceutiques attachent ainsi une importance appréciable aux brevets, tandis que les entreprises oeuvrant dans l'électronique s'en soucient fort peu, les brevets étant plus difficiles à contourner par des modifications mineures dans le premier cas que dans le second. Un autre problème important pour l'analyse est que les entreprises à unités multiples peuvent centraliser leur division de la propriété intellectuelle, ce qui peut considérablement fausser l'origine géographique véritable d'une invention si l'on se fit uniquement à la localisation mentionnée sur le brevet (Desrochers, 1998).

Une autre situation problématique est que plusieurs entreprises déposent des brevets afin de se protéger de leurs concurrents. Une entreprise peut ainsi acheter tous les brevets touchant de près ou de loin un domaine (par exemple, les appareils photographiques) afin d'en exclure ses concurrents actuels ou potentiels. L'usage

défensif des brevets est ordinairement moins spectaculaire, car comme le souligne von Hippel (1988: 53), la plupart des entreprises cherchent à éviter le recours aux tribunaux et se servent surtout de leur banque de brevets pour négocier des accords de licences avec leurs concurrents. Un dernier problème avec l'utilisation des brevets en tant qu'indicateurs économiques est la diversité des systèmes nationaux et les révisions ponctuelles dans l'histoire des systèmes nationaux qui rendent les comparaisons internationales et historiques sans grand intérêt (Desrochers, 1998). L'usage des brevets en tant qu'indicateurs de l'innovation technique et de la diffusion intersectorielle est donc aussi problématique que celui des données issues de la classification industrielle. Comme nous allons maintenant le constater, ces lacunes n'ont toutefois pas empêché nombre d'analystes de dépenser des énergies considérables pour chiffrer la "diffusion intersectorielle".

1.3 L'analyse empirique de la diffusion intersectorielle³⁸

On admet généralement que l'innovation technique est un processus essentiellement qualitatif se prêtant mal aux analyses statistiques (Parayil, 1991; Torre, 1990). Comme nous l'avons vu, Krugman (1991: 53-54) soutient que les flux de connaissance sont invisibles, qu'ils ne laissent pas de traces de papier pour les suivre ou les mesurer et que rien ne prévient donc le théoricien d'assumer ce qui lui plaît à ce sujet. Dumais, Ellison et Glaeser (1997) écrivent de même que les théories sur les effets de retombées de connaissances sont les plus difficiles à vérifier empiriquement.³⁹ On pourrait donc croire que la mesure de la diffusion technique intersectorielle n'a pas suscité beaucoup d'enthousiasme chez les économistes, mais un nombre étonnamment élevé d'auteurs

³⁸ Il est entendu que les études recensées dans cette section comptent bon nombre d'indicateurs et de variables contrôles que nous n'aborderons pas, dont notamment les statistiques de R-D. Nous les avons délibérément omises afin de ne pas alourdir davantage le texte. On peut toutefois souligner certaines lacunes de ces statistiques. Un dirigeant de Chaparral Steel souligne ainsi que: "Chaparral only hires people who are comfortable with ambiguity and change. "Our company employs only people who can be motivated," says [vice-president of technology and development] Rostik. There is no R&D function separate from production: "Everybody is in research and development," says Gordon Forward, President and CEO (Business Council for Sustainable Development - Gulf of Mexico, 1997: 6). Rosenberg (1994: 5) souligne également que "much of what is now characterized as R&D (which is often the primary empirical proxy for resources devoted to technological advance) is actually devoted to acquiring information associated with factor substitution rather than technical advance." Pour un résumé des critiques habituelles à l'endroit de cet indicateur, voir Cooper et Merrill (1997).

³⁹ "Because it is difficult to observe and measure patterns of information spillovers, information spillovers theories are the most difficult to assess empirically" (Dumais et al., 1997: 23).

se sont penchés sur cette problématique. Nous examinerons brièvement leurs apports, que nous compléterons ensuite par un examen rapide de certaines études qualitatives.

1.3.1 L'analyse quantitative de la diffusion intersectorielle

Bien que l'on note l'important précédent de Schmookler (1966), l'analyse économétrique de la diffusion intersectorielle ne suscite vraiment l'intérêt qu'au début des années 1980. Torre (1990: 87) explique cette situation par une reconceptualisation du changement technique que l'on situe désormais dans des "systèmes nationaux d'innovation" où le mouvement de transmission des savoir-faire et des innovations n'est plus envisagé que sous le seul angle des échanges interentreprises. Comme nous l'avons vu, la thèse qui émergera de ces travaux est celle de l'avènement de technologies transversales aux secteurs d'activité. Torre (1990) résume les conceptions que les économistes se font ordinairement de la diffusion intersectorielle en distinguant deux catégories: 1) la transmission par les relations marchandes; 2) la transmission par les relations de production. La transmission du savoir-faire par l'intermédiaire des relations marchandes correspond à l'établissement de rapports d'échange entre des entreprises appartenant à deux industries différentes par l'intermédiaire de l'achat et de la vente de biens intermédiaires et capitaux, mais également de brevets ou de licences. La transmission par l'intermédiaire des relations de production fait par contre généralement appel à des rapports de complémentarité technique entre diverses entreprises. Il peut alors s'agir de collaborations entre producteurs, d'interactions entre producteurs et utilisateurs ou encore de l'apparition d'innovations complémentaires. Elle peut être formalisée par le biais d'accords de coopération, de joint-ventures, voire d'acquisitions, mais elle revêt parfois également la forme d'une coopération informelle entre ingénieurs appartenant à des firmes différentes.

Une fois ces deux catégories définies, Torre (1990: 90) souligne que l'essentiel du travail des économistes reste à faire, c'est-à-dire répondre aux questions suivantes: 1) Quels sont la nature et le volume du transfert de technologie opérant entre différentes industries; 2) Quels sont les gains retirés de cette opération par les industries bénéficiaires du transfert? Il résume ensuite les trois principales approches économétriques dans l'étude des transferts intersectoriels: 1) les échanges de biens intermédiaires et capitaux (mesurés par une fusion entre les données traditionnelles

fournies par les tableaux intrants-extrants et des indicateurs d'intensité technique, comme par exemple les dépenses de R-D par branche); 2) les matrices de brevets et d'innovations; 3) l'analyse économétrique des externalités techniques positives.

La principale conclusion des travaux économétriques est que la transmission du savoir-faire entre secteurs industriels est importante, mais que certains secteurs sont davantage moteurs que d'autres. Bonin et Desranleaux (1988) illustrent une conclusion typique de ces études en soulignant que l'amélioration de la productivité dans des industries comme les puits de pétrole et de gaz, l'emboutissage, matriçage et revêtement des métaux et autres "services d'utilité publique" dépend en bonne partie des progrès techniques survenant dans l'industrie des machines et que cette dernière, avec les industries des produits chimiques industriels et des instruments scientifiques et professionnels, a un effet important dans de nombreux secteurs. Phénomène intéressant, nombre de ces travaux laissent entendre que les transferts intersectoriels réduisent les coûts de production de façon plus marquée que les transferts intra-sectoriels nationaux ou internationaux (Hanel, 1994; Mohnen, 1994; Nadiri, 1993; Torre, 1990). L'ensemble de ces travaux ayant été synthétisé à maintes reprises,⁴⁰ nous ne souhaitons pas tous les aborder, mais bien plutôt nous concentrer sur les matrices de brevets et d'innovations qui nous semblent les plus pertinentes pour notre problématique.

Les travaux basés sur les matrices de brevets remontent au travail de Schmookler (1966), qui se limita dans les faits à reclasser certaines catégories de brevets que l'on peut associer à des biens de production, à en examiner un certain nombre et à reclasser toute une catégorie dans un secteur industriel s'il estimait la procédure justifiée. Il concentra ainsi ses efforts sur les industries du chemin de fer, de la fabrication de papier, du raffinage du pétrole et de la construction. Il observa par le fait même, comme nous l'avons déjà souligné, la nature essentiellement interindustrielle du changement technique. S'inscrivant dans cette foulée, Scherer (1982; 1987) entreprendra une démarche beaucoup plus ambitieuse qui consistera à construire des matrices d'interdépendance technique, chaque cellule contenant le nombre de brevets ayant en

⁴⁰ Voir notamment DeBresson (1996); Geroski (1991); Griliches (1990, 1991); Hanel (1994); Mohnen (1994); OCDE (1996); Scherer (1987); Torre (1990).

commun l'industrie productrice et l'industrie utilisatrice. L'un de ses principaux résultats sera que plus de 70% des inventions dans un secteur industriel sont utilisées hors de ce secteur industriel.

Les recherches de Schmookler et Scherer impliquèrent évidemment un travail de bénédictins dans l'assignation d'une utilisation potentielle aux innovations brevetées. L'office de la propriété intellectuelle canadien facilite toutefois beaucoup la tâche d'un autre groupe d'analystes en publiant depuis 1972 la base de données de brevets PATDAT où les examinateurs attribuent une ou plusieurs catégories industrielles aux brevets qu'ils accordent. Nombre d'analyses ont été faites à partir de ces données et des résultats similaires à ceux des études américaines ont été obtenus (DeBresson, 1990; 1996; Hanel, 1994; Mohnen, 1994). Nous devons cependant mentionner que l'administration américaine a depuis mis au point un système de références croisées entre l'USPOC et le SIC (OCDE, 1996). En pratique cependant, les études économiques ayant utilisé ce système ont donné lieu à nombre d'aberrations statistiques, notamment au niveau du comptage multiple d'innovations. Comme le souligne Griliches (1990: 1667): "la plupart des questions fondamentales de classification sont encore à résoudre".⁴¹ Sans entrer dans les détails de ces études (en raison principalement de notre profond scepticisme face à la validité des brevets comme indicateurs de l'innovation technique), toutes ces études confirment que les savoir-faire, les produits et les procédés sont extrêmement "mobiles" entre les secteurs d'activités.

Un second groupe de travaux intéressants pour notre problématique est la série d'analyses complétées à partir de banques d'innovations, dont la plus connue est celle du *Science Policy Research Unit* (SPRU) de l'Université du Sussex.⁴² Le principal avantage de la banque de données du SPRU sur les travaux utilisant les brevets d'invention est que l'on connaît un utilisateur actuel plutôt qu'un certain nombre

⁴¹ "But most of the basic questions of classification still remain to be answered."

⁴² Ses auteurs la décrivent comme une banque britannique d'innovations majeures mises au point entre la fin du second conflit mondial et le début des années 1980. Au moment où Pavitt (1984) rédige son premier article, la banque de données du SPRU compte plus de 2000 inventions mises au point entre 1945 et 1979. L'étude de Robson et al. (1988) sera toutefois basée sur 4378 innovations mises au point entre 1945 et 1983. Voir Torre (1990) et OCDE (1996) pour une synthèse d'autres travaux utilisant des bases de données moins détaillées.

d'utilisateurs potentiels. Toutefois, à l'instar de Scherer (1982, 1987), Pavitt (1984: 348) et Robson et al. (1988) définissent l'innovation de produit comme étant synonyme d'innovations utilisées à l'extérieur d'un secteur de production, tandis que l'innovation de procédé est envisagée comme étant interne au secteur de production. Sans entrer encore une fois dans le détail de ces études (en raison de notre scepticisme sur la validité des banques d'innovations comme fondement d'une démarche à partir de laquelle on tire des conclusions chiffrées), Pavitt (1984) observe que seulement 40% des innovations utilisées en Grande-Bretagne ont été développées dans les industries les utilisant. Robson et al. (1988) soutiennent pour leur part que près de 65% des innovations introduites en Grande-Bretagne entre 1945 et 1983 sont le fait de cinq secteurs: les industries chimique, mécanique, électronique, de l'ingénierie mécanique et des instruments.

L'une des contributions les plus influentes de ces études sera la taxonomie de Pavitt (1984) que l'on utilisera dans plusieurs autres travaux (OCDE, 1996: 36) et où l'on distingue: 1) les industries dans lesquelles l'introduction des innovations est généralement fondée sur la R-D (fondée sur la science); 2) les industries dans lesquelles les innovations proviennent en grande partie des inputs et des machines (dominées par les fournisseurs); 3) les industries qui deviennent des fournisseurs spécialisés de produits constituant des innovations; 4) les industries dans lesquelles l'innovation et la technique de procédé sont étroitement liées à des facteurs d'échelle (intensité d'échelle). Contrairement à bon nombre de chercheurs, cette typologie nous paraît discutable en raison du refus de l'auteur de questionner la pertinence de la classification industrielle pour la réutilisation des savoir-faire et des techniques. Une typologie selon nous plus intéressante est celle d'Archibugi (1988) qui introduit un "cube de l'innovation", i.e. une matrice en trois dimensions comprenant le groupe technique, le secteur d'activité du fabricant et le premier utilisateur d'une innovation. Chacune de ces dimensions demeure toutefois problématique, ne serait-ce que parce chaque firme d'importance a le plus souvent une production très diversifiée.

Les études quantitatives traitant de l'interdépendance technique nous semblent donc au mieux n'avoir qu'une valeur descriptive confirmant ce que tout étudiant de l'innovation devrait savoir, i.e. que l'innovation technique résulte de la combinaison de choses

différentes. Certains auteurs justifient toutefois ces exercices laborieux en affirmant qu'ils permettent d'identifier les secteurs particuliers qu'une politique de l'innovation efficace devrait soutenir (Hanel, 1994).⁴³ Bon nombre de chercheurs demeurent toutefois plus modestes en soulignant que ces démarches quantitatives renferment au moins quatre problèmes: 1) les mesures quantitatives ne peuvent pas mesurer l'informel ou l'intangible; 2) on constate plusieurs problèmes de classification au sein d'une même industrie; 3) certaines entreprises n'innovent ou ne brevettent pas, mais investissent néanmoins des sommes considérables en R-D pour se tenir au fait des dernières avancées; 4) les études quantitatives ne peuvent modéliser les canaux de transmission des techniques (Griliches, 1991; Le Bas et Torre, 1993; Mohnen, 1994; Nadiri, 1993; Torre, 1990). Mansfield (1987b: 463) ajoute également qu'en raison des transferts techniques entre acheteurs et fournisseurs, les flux techniques intersectoriels réels diffèrent sans doute sensiblement des résultats obtenus à l'aide d'une analyse intrants-extrants. De plus, aucune de ces études n'aborde réellement les problèmes conceptuels fondamentaux que nous avons soulevés plus tôt.

Face à toutes ces limitations, nous ne pouvons que rejoindre DeBresson (1990: 833) qui relève que dans le foisonnement de travaux sur l'analyse interindustrielle et le changement technique, on ne sait jamais trop "ce qui est mesuré, quelles suppositions et hypothèses sont sous-jacentes à l'analyse, ni comment l'innovation, l'invention ou la R-D est conçue dans le [tableau d'échange inter-industriel]". Il ajoute même que les économistes, dans leur "ardeur à utiliser l'outil puissant de l'analyse inter-industrielle", ont peut-être abusé en portant une attention insuffisante à la rigueur théorique des concepts et au bien-fondé de leurs suppositions, une conclusion que nous endossons. Nous allons maintenant aborder certaines études de cas ayant examiné de façon explicite la réutilisation de certains savoir-faire.

1.3.2 L'analyse qualitative de la diffusion intersectorielle

Toute étude de cas un peu détaillée dans le domaine des techniques illustre d'une façon ou d'une autre une réutilisation d'expertise ou de matériaux, mais on ne trouve que très

⁴³ Cet argument ne nous semble toutefois pas très convaincant, car comme nous le verrons plus en détail dans les chapitres suivants, les innovations ayant l'impact intersectoriel le plus important sont ordinairement issues de la résolution de problèmes périphériques particuliers.

peu de travaux portant spécifiquement sur cette problématique. La plupart traitent de quelques techniques particulières qui sont ensuite resituées de façon plus large dans l'environnement économique. On trouve toutefois quelques recherches documentant de façon plus large la réutilisation de techniques particulières dans un nouveau contexte.

La première que nous aborderons est celle du chercheur Hiroatsu Nohara (1990) sur "L'apprentissage de la compétence mécatronique dans le secteur machine-outils japonais". Il s'agit en fait d'une étude relativement détaillée sur la fusion technique réussie par des producteurs nippons de machines-outils et d'équipements électroniques pendant les années 1970 et 1980. On peut toutefois noter d'entrée de jeu, ce que Nohara ne fait pas, que certains auteurs associent la genèse de la mécatronique japonaise à l'intégration d'un contrôleur électronique compact pour moteur à palier produit par Fujitsu à un roulement à faible friction de Nippon Seiko et d'un matériau adéquat pour la machine-outil hôte, trois innovations au demeurant mineures dans leur entreprise d'origine (OCDE, 1993: 34).

Nohara décrit d'abord le secteur de la machine-outil au Japon et en relève le caractère très hétérogène. Il identifie ensuite deux catégories d'entreprises: 1) celles qui sont spécialisées dans la construction de machines-outils; 2) celles qui sont spécialisées dans d'autres secteurs (majoritairement d'origine mécanique, elles produiraient des machines-outils dans des proportions variables). À l'instar de la majorité des secteurs industriels nippons, les constructeurs finaux de machines-outils feraient massivement appel à la sous-traitance organisée en cascade, tout en procédant simultanément à des achats de pièces standardisées. Cette sous-traitance ne serait cependant pas synonyme de domination des constructeurs finaux, car des "mécanismes de médiation régulent les rapports de coopération" (p.38) et la mobilité des savoirs et des savoir-faire serait intensive. Les sous-traitants bénéficieraient ainsi souvent de l'assistance ou des informations techniques utiles à la modernisation de leur propre processus de production. Nohara ajoute qu'en dépit "des mesures de sélection, ces aides améliorent l'efficacité productive et la compétence technique dont la retombée est, à moyen terme, bénéfique aux deux partenaires" (p. 38). Ces transactions non monétaires, rendues possibles par des liens intégrés et personnalisés, seraient transversales aux rapports hiérarchiques de la sous-traitance. Le secteur des machines-outils, où la coopération

latérale entre les sous-traitants serait particulièrement développée, faciliterait ainsi l'absorption et la diffusion de nouvelles techniques.

Nohara souligne que l'hétérogénéité du secteur des machines-outils, couplée à la fluidité interne de la main-d'oeuvre et à l'absence relative de la notion de métier, contribue également à générer la multi-activité et la mobilité technologique ou sectorielle des entreprises japonaises (p.35). Il relève également qu'en raison de la faible mobilité des ingénieurs japonais la forte coopération au sein de l'environnement industriel local semble être le facteur déterminant de la greffe technologique et qu'en particulier "la coopération - intensive et durable - avec les entreprises électroniques joue un rôle formateur de première importance pour les ingénieurs mécaniciens [du secteur des machines-outils]" (p. 43)

Après cette phase initiale où les connaissances micro-électroniques sont incorporées dans un petit noyau central, deux processus ayant pour but de renforcer la nouvelle potentialité technologique acquise s'ouvriraient: 1) l'embauche de diplômés universitaires ayant une spécialisation électrique ou électronique (les entreprises sont toutefois obligées de leur dispenser une formation maison intensive, car les nouvelles recrues ne possèdent qu'une formation théorique de base); 2) la reconversion des ingénieurs déjà en place (formation par tutorat, par équipe de projet ou réunions volontaires d'études). Nohara conclut son analyse en écrivant que l'espace industriel (relations de coopération-compétition entre entreprises) et l'espace de qualification (construction de la capacité professionnelle) ne sont pas en juxtaposition, mais en interaction. Leur articulation au Japon s'organiserait autour de certaines logiques qui les traverseraient simultanément. "Il s'agit de la dilution de la notion de métier, de la polyvalence ou encore de la mobilité des savoirs à travers l'osmose intercatégorielle" (p. 44). Bref, la professionnalité mécatronique japonaise se construirait socialement à partir de l'interaction complexe entre l'espace industriel, l'espace professionnel et les acteurs.

Un article de Kodama (1992) dans la Harvard Business Review constitue un autre apport intéressant sur la fusion de différentes technologies au sein et entre des entreprises japonaises. Il observe lui aussi que la "fusion technique" (*technology fusion*) mélange les améliorations incrémentales de plusieurs domaines différents pour créer

des produits qui vont révolutionner le marché. Kodama aborde l'émergence de la mécatronique, quoique de façon peu détaillée, mais également plusieurs autres cas similaires. Il décrit ainsi brièvement la collaboration entre Nippon Telephone and Telegraph, NEC, Nippon Sheet Glass et Sumitomo Electric Industries qui ont combiné leur savoir-faire respectif dans le domaine du verre, du câble et de l'électronique pour produire les premières fibres optiques japonaises (p. 71).

Kodama observe trois principes essentiels à partir de ces études de cas: 1) le marché détermine l'agenda de la R-D et de la fusion; 2) les entreprises ont besoin de s'informer continuellement sur des développements dans plusieurs domaines différents; 3) la fusion technique résulte d'engagements à long terme entre entreprises issues de plusieurs industries différentes. Bien que l'auteur illustre de façon convaincante l'importance de la collaboration entre individus oeuvrant dans des domaines différents, il n'a aucune perspective historique sur ces processus, ce qui ne serait pas nécessairement un défaut s'il ne prétendait pas que le phénomène est récent, que dans le passé les entreprises se limitaient à un produit et que leurs concurrents étaient toujours issus du même secteur. Il soutient toutefois qu'à l'avenir, les fusions entre les différents secteurs seront beaucoup plus fréquentes et que les entreprises devront changer leur façon d'opérer en conséquence.

Outre le cas japonais, on trouve d'autres études documentant des fusions techniques entre entreprises issues de différents domaines. Le Commissariat général du plan (1985) a publié une étude sur "L'application des biotechnologies dans l'industrie chimique". Le rapporteur anonyme de cet organisme qualifie son document de "bref survol", car il s'agit pour l'essentiel d'une étude exploratoire basée sur des entretiens avec quelques acteurs clefs qui ont souvent débouchés sur des débats "animés et parfois contradictoires" (p.5). Le rapport traite toutefois beaucoup plus des potentialités que de l'actualité, du moins pour l'époque, de cette fusion technique. Ce qui ressort des entretiens colligés par l'auteur, c'est que le potentiel des biotechnologies était aux environs de 10% pour la création de nouveaux produits et de 90% pour les substitutions, ce qui l'amène à qualifier les biotechnologies d'alternatives de production malgré leur caractère novateur. Ces techniques doivent toutefois affronter les prix de revient déjà existants de méthodes d'extraction ou de synthèses chimiques bien établies. Ce rapport

est au bout du compte décevant, car l'auteur se contente pour l'essentiel de souligner les difficultés inhérentes à l'implantation de toute nouvelle technique sans vraiment illustrer le détail des processus de fusionnement de savoir-faire différents.

Un rapport de l'OCDE (1993) sur "Fusionner les technologies pour innover: Le cas de l'optoélectronique" est plus intéressant. Comme ce néologisme le laisse entendre, l'optoélectronique met en jeu les interfaces entre photons et électrons et concerne en général la gestion par l'électronique des phénomènes dont la lumière est le support. Elle implique donc le croisement de plusieurs disciplines scientifiques telles que l'optique classique, la physique du solide, la science des matériaux et le traitement de l'information. Le développement commercial de l'optoélectronique a par contre résulté de la mise au point et de l'industrialisation de composants et systèmes dérivés mettant en jeu des savoirs et des savoir-faire dans les domaines de l'électronique et de l'optique. Les techniques optoélectroniques se distingueraient des techniques électroniques traditionnelles par "la variété des matériaux, voire des matériels utilisés". Au nombre des principaux résultats de cette fusion, on relève les cellules photovoltaïques, les matrices de détecteurs pour l'imagerie et les diodes lasers. On trouve également des composantes optoélectroniques dans des dispositifs comme les fibres optiques, les disques compacts et les produits multimédias (pp. 8-9).

Selon les auteurs du rapport, le succès du mariage de l'optique et de l'électronique se serait concrétisé sous des auspices "techno-économiques" favorables, notamment: 1) l'existence d'une bonne complémentarité entre les technologies génitrices, sanctionnée par des performances souvent opposées; 2) le maintien d'une vive compétition, même si le contexte est plutôt à la coopération; 3) la fermeté de la demande pour l'information sous toutes ces formes et les produits audiovisuels; 4) l'émergence d'un nouveau contexte de systèmes télématiques décentralisés; 5) les progrès considérables accomplis dans le domaine des microprocesseurs et des logiciels d'exploitation et d'application (p. 101). L'essentiel des nouvelles applications de l'optoélectronique serait encore à venir, notamment dans les domaines de la chimie laser, du stockage informatique, des nanomatériaux (i.e. des matériaux avec de nouvelles configurations atomiques), du calcul optique, des cellules solaires performantes, des micromachines, etc. (p. 102). Ce rapport de l'OCDE est donc riche des enseignements de la science

économique (sur lesquels nous reviendrons plus en détail dans les chapitres subséquents) et contient de nombreuses suggestions pour établir des politiques industrielles. Il est cependant mince sur les processus par lesquels on a réalisé ces fusions. Les auteurs n'ont également aucune perspective historique sur le phénomène, tout en étant prisonnier du schéma conceptuel de la classification industrielle.

Un apport plus intéressant au niveau historique est celui de Levinthal (1998) qui, dans une livraison récente de Industrial and Corporate Change, illustre l'utilisation d'une technique dans un nouveau domaine au moyen d'une étude de cas de la télégraphie sans fil. L'auteur décrit ainsi comment certaines techniques ont été transférées du domaine de l'optique à celui des ondes électromagnétiques ou encore de la production d'électricité à la transmission radio trans-atlantique. Levinthal cherche toutefois à encadrer sa discussion de ces phénomènes à l'intérieur du schème d'analyse de l'évolution biologique en postulant que l'application d'une technique dans un domaine est un processus de "spéciation".⁴⁴ Cette perspective est selon nous erronée, car la principale caractéristique d'un processus de spéciation est justement que les nouveaux organismes ne peuvent plus se reproduire avec d'autres espèces. Quoiqu'il en soit, le cadre d'analyse de Levinthal nous semble suspect, car il considère un produit ou un procédé comme étant une entité sui generis, ce qui aboutit ultimement à évacuer les individus créatifs de son analyse.

Initially, the focus of activity is on the new, or peripheral niche that has provided the basis for the speciation event. A critical factor in the evolution of a technology is whether the technology, as it develops, is able to penetrate a broader set of niches.... For instance, the video recorder was initially developed in the context of the distinct niche of broadcasters... As the manufacturing process was refined and the product design simplified, it was possible to penetrate a new niche... of industrial and commercial users... Finally, this development continued to the point that the product was able to penetrate the mass consumer electronic market... It is important to note that, at each point in its development, video recording technology was commercially viable and profitable within the niche in which it was operating... In ecological terms, we might think of this as the artifact shifting

⁴⁴ "Discussions of technological change have offered sharply contrasting perspectives of technological change as gradual or incremental and the image of technological change as being rapid, even discontinuous. These alternative perspectives are bridge using the punctuated equilibrium framework of evolutionary biology. Using this framework, it is argued that the critical event is not a transformation of the technology, but speciation - the application of existing technology to a new domain of application. As a result of the distinct selection criteria and the degree of resource abundance in the new domain, a new technological form may emerge. The new technological form may be able to penetrate other niches and, in particular, may precipitate a process of "creative destruction" and out-compete prior technologies." (Levinthal, 1998: 217).

from a specialist to a generalist. No longer must the video recorder look for resources for its survival and development to the narrow niche of television broadcasters, but the entire set of households becomes a basis for resources (Levinthal, 1998: 243).

Le principal problème de l'argumentation de Levinthal est selon nous que les techniques n'existent jamais d'elles-mêmes et sont plutôt le résultat des actions d'individus créatifs. De plus, toutes les techniques sont elles-mêmes le résultat de combinaisons antérieures.

L'apport de Rosenberg (1976; 1982; 1986; 1994; 1996) est selon nous le plus intéressant. Bien que cet auteur aborde le sujet dans nombre d'articles et de monographies, nous nous limiterons ici à ses deux principaux essais sur cette problématique. Le premier, "Technological Change and the Machine Tool Industry, 1840-1910", a été publié pour la première fois en 1963 dans le Journal of Economic History et repris dans son recueil d'essais Perspectives on Technology (Rosenberg, 1976). Le second, "Technological Interdependence in the American Economy", publié dans le journal des historiens des techniques américains Technology and Culture en 1979, est repris dans Inside the Black Box (Rosenberg, 1982).

Rosenberg aborde dans le premier texte la problématique de la diffusion des machines-outils. L'essentiel de sa thèse est qu'il faut examiner la croissance du secteur de la machine-outil selon l'optique du processus d'apprentissage mis en oeuvre, car la production de machinerie pose en définitive un ensemble de problèmes similaires dans divers domaines requérant des habiletés et des savoir-faire techniques tout aussi similaires pour les résoudre. Il appuie son propos à l'aide de nombreuses illustrations tirées du secteur de la machine-outil américain du siècle dernier, une approche qui sera reprise et élaborée de façon encore plus détaillée par la suite, notamment par Hounshell (1991), Hoke (1990) et Thomson (1989; 1991).⁴⁵ Les fabriques de locomotives de Paterson (New Jersey) émergent ainsi des fabriques de coton de cette ville, tandis que le plus important fabricant de locomotives d'Amérique de l'époque, Baldwin

⁴⁵ Ces apports, bien que fort intéressants, seront abordés dans les chapitres suivants, car la réutilisation des savoir-faire ne constitue qu'une facette de ces travaux.

Locomotive Works de Philadelphie, trouve ses origines chez un fabricant de machines pour l'imprimerie.

La réflexion de Rosenberg sur la diffusion de quelques produits et procédés à travers un large éventail d'activités trouvera toutefois sa forme la plus achevée dans son essai sur l'interdépendance technique (Rosenberg, 1982). Selon Rosenberg, les techniques n'apparaissent jamais en tant que produit fini, car elles dépendent le plus souvent les unes des autres dès qu'elles sont un peu complexes. Une innovation doit quelquefois attendre la disponibilité d'un élément ou d'un intrant spécifique complémentaire. En d'autres occasions, le besoin évident de cet intrant suffit à canaliser certains efforts pour résoudre le problème. De plus, l'intrant pleinement développé deviendra souvent un extrant, car on lui trouvera des utilisations et des applications n'ayant pas du tout été anticipées au début de sa conception. Rosenberg développe donc l'idée de grappes d'innovations dans les cas où une innovation centrale, ou un petit groupe d'innovations, fournit la base autour de laquelle un plus grand nombre d'améliorations cumulatives et d'inventions complémentaires se positionneront éventuellement. L'existence de complémentarités techniques s'accompagne toutefois de ce qu'il qualifie de goulot d'étranglement technique (*technological bottlenecks*) envisagé à un niveau macro-économique comme un dysfonctionnement du processus caractérisé par le manque et l'impossibilité d'accéder à un intrant complémentaire. L'innovation n'apparaît donc pas comme un produit dont l'application et l'utilisation sont immédiates, mais comme un processus en construction perpétuelle bénéficiant continuellement de petites améliorations.

Les études abordées jusqu'ici illustrent de façon convaincante l'importance de la combinaison de techniques pour l'innovation. Elles ne sont toutefois pas très détaillées au niveau des processus ayant mené à cette fusion, car les auteurs se contentent souvent d'observer le phénomène sans pouvoir directement faire référence aux motivations des acteurs. Shane (1999), dans un article qui paraîtra bientôt dans le journal Organization Science, comble partiellement cette lacune, car son objectif est d'examiner l'impact du savoir-faire préalable sur la découverte d'opportunités entrepreneuriales. Pour ce faire, il examine les différentes utilisations d'une invention

mise au point au Massachusetts Institute of Technology (MIT), le “three dimensional printing process (3DP)”. Selon la description fournie dans le brevet, le 3DP est

a process for making a component by depositing a first layer of a fluent porous material, such as a powder, in a confined region and then depositing a binder material to selected regions of the layer of powder material to produce a layer of bonded powder material at the selected regions. Such steps are repeated a selected number of times to produce successive layers of selected regions of bonded powder material so as to form the desired component. The unbonded powder material is then removed. In some cases the component may be further processes as, for example, by heating it to further strengthen the bonding thereof.

L’auteur a par la suite examiné le cas de huit entreprises qui, par l’intermédiaire du Technology Licensing Office du MIT, se sont intéressées au produit. Shane précise que si quatre entreprises ont effectivement commercialisé le produit, quatre autres se sont désistées en cours de route. Il est toutefois intéressant de constater la diversité des applications potentielles de ce produit, que nous reproduisons ici dans leur langue d’origine pour éviter les vices de traduction de termes techniques:

- 1) Manufactures a fast, inexpensive, office-compatible machine to make concept models for industrial and architectural design;
- 2) Manufactures pills with a superior microstructure through a fully integrated manufacturing process;
- 3) Manufactures ceramic filters for the power generation market in a one-step manufacturing process;
- 4) Manufactures machines to make ceramic molds for casting metal parts directly from a CAD model without wax forms or tooling;
- 5) Creates a service bureau to produce architectural models from CAD drawing;
- 6) Provides a service to create artificial bone for weight bearing indications for use in surgery;
- 7) Provides a service to create multi-color, three dimensional surgical models

8) Establishes a chain of stores to make sculptures from photographs (Shane, 1999)

L'auteur souligne toutefois que huit opportunités n'est pas un chiffre énorme compte tenu du battage publicitaire dont l'invention a fait l'objet, notamment lors de conférences, de rencontres d'affaires et dans la presse grand public (notamment Fortune, The Financial Times et The Economist). Le principal problème semble avoir été que les applications potentielles du 3DP n'étaient pas évidentes à partir des informations fournies. Plusieurs utilisateurs potentiels soulignent également que beaucoup de travail restait encore à faire avant de transformer l'invention en produit commercialisable. De plus, aucun des licenciés n'a songé à une autre utilisation que celle qu'il en a faite. Comme le souligne un chercheur de l'une de ses entreprises:

I absolutely could not have seen the business concepts that the other licensees were doing... I knew nothing about casting... Also, you could not make metal parts using the 3DP process the way we use it... You would have to think of a different way to use the machine. What Specific Surface is doing would never have occurred to me. And I don't think that it would have ever occurred to me in a thousand years that you could print pills... like Therics does (Shane, 1999).

L'auteur tire trois conclusions principales de sa démarche: 1) tous les changements techniques génèrent toujours une variété d'opportunités entrepreneuriales; 2) les entrepreneurs peuvent et vont découvrir ces opportunités simplement en étant confronté à un nouveau produit; 3) tout entrepreneur ne découvrira cependant que les opportunités étant reliées à son savoir-faire préalable.

Un certain nombre d'études couvrent donc une portion de notre problématique. Selon nous, les travaux abordés jusqu'ici illustrent bien que les démarches quantitatives présentent une image déformée de la combinaison de techniques. Si certaines études qualitatives adressent partiellement le problème, il reste encore selon nous beaucoup à faire pour expliquer ces processus de façon un peu plus systématique. Nous devons pour ce faire préciser en quoi une certaine vision de la diffusion des techniques peut embrouiller l'analyse.

1.3.3 Diffusion vs création de ressources et combinaison de techniques

Nous parlons abondamment dans cette section de "diffusion technique", mais comme nous l'avons déjà mentionné, nous ne l'envisageons pas de la même façon que la plupart des auteurs s'étant penché sur cette problématique depuis l'après-guerre. La plupart des travaux sur la diffusion de techniques sont alors calqués sur des modèles développés en épidémiologie (courbe logistique, "contamination", etc.) et sont essentiellement statiques, i.e. que l'on y prend pour acquis que des produits et des procédés immuables se répandent dans un environnement immuable auprès d'un nombre aussi immuable que limité de clients potentiels. On y postule également que la diffusion d'un produit n'est pas affectée par la diffusion parallèle de produits concurrents ou substituts (Freeman, 1988).

Les premières études de ce type traiteront de produits de consommation de masse, de loin le genre d'innovations se prêtant le mieux à cette démarche. On appliquera par la suite cette démarche à certains processus techniques, où l'on postulera que le transfert technique n'est que le simple déplacement d'une technique toute constituée au sein d'une firme vers une autre, l'adoption n'étant alors qu'un simple processus mimétique. Dans ce contexte, l'incertitude est réduite au minimum, tandis que les coûts sont facilement repérables en raison de la matérialité des produits transférés, de l'identification des acteurs et de son inscription dans un laps de temps bien déterminé (Griliches, 1957; Mansfield, 1961). On évacuera donc tout ce qui distingue une activité humaine d'un processus n'impliquant pas d'êtres agissant consciemment en fonction d'objectifs évoluant dans le temps, que ce soit au niveau de l'appréciation d'un produit, de la qualité des vendeurs ou du service, d'un environnement changeant, des problèmes techniques liés à l'adoption d'une nouvelle technique, des connaissances tacites, etc. Certains géographes reprendront ces approches qui seront utilisées de diverses façons, notamment pour théoriser la diffusion par expansion, par contagion et selon la hiérarchie urbaine, mais ils ne s'attarderont pas non plus au processus de création de l'innovation (Abler et al., 1971; Rallet, 1991; Saint-Julien, 1992).

Gold, Peirce et Rosegger (1970) critiqueront toutefois les travaux de Griliches et Mansfield en soulignant à partir d'une étude détaillée de la diffusion de treize nouveaux

procédés industriels que des “circonstances particulières” expliquent généralement la diffusion des techniques. Bien que ces auteurs concluent de leur démarche qu’il n’est pas vraiment pertinent de construire un modèle général de la diffusion technique, nous croyons toutefois qu’il est réaliste de jeter les grandes lignes d’une approche de la diffusion technique ne dissociant pas de façon étanche la diffusion, la création et l’apprentissage. Nous rejoignons en cela Hendrickx (1995: 14-15) pour qui la notion de transfert de technologie ne doit plus être envisagée comme “une simple acquisition / assimilation d’une technologie externe et spécifiée, mais comme un processus d’assimilation et de maîtrise entendu comme un processus de création de technologie” et comme “un processus conjugué d’assimilation de technologies externes et de développement de capacités propres à l’entreprise réceptrice (l’un ne pouvant être dissocié de l’autre)” (p.24). On doit donc selon nous envisager la “diffusion intersectorielle” comme n’étant qu’une facette d’un processus beaucoup plus large de création de ressources reposant sur la combinaison de choses différentes. Nous analyserons donc dans le reste de ce travail une perspective basée sur la création de nouveauté plutôt que sur la seule adaptation pure et simple d’un produit ou d’une façon de faire dans un nouveau contexte. Nous devons cependant aborder une autre question problématique, la mesure de la diversité économique locale.

1.4 La mesure de la diversité économique locale

Bien que la théorie économique de l’avantage comparatif laisse entendre que la spécialisation économique régionale soit la forme d’organisation la plus susceptible de maximiser le bien-être de l’ensemble de la société, nombre d’analystes ont depuis longtemps remarqué qu’un tissu économique diversifié protège davantage une région urbaine des aléas de la conjoncture qu’une économie locale trop dépendante envers une industrie (Chapman et Walker, 1987: 163-4; Jackson, 1984). Alfred Marshall (1971 [1908]: 468) remarquait ainsi au début du siècle que “l’existence de ces grandes villes et de ces grandes régions industrielles où plusieurs industries différentes se trouvent développées” permet d’éviter les inconvénients liés à la dépendance envers une seule industrie. D’autres analystes s’inscrivant dans l’approche keynésienne ont également soutenu qu’un tissu économique régional plus diversifié a un effet multiplicateur plus important (Tellier, 1993).

La mesure de la diversité locale a donc toujours fait l'objet d'un intérêt certain chez les analystes des économies régionales et de la planification urbaine. Sans entrer dans le détail des différents indices et mesures développés pour la mesurer, la diversité locale peut être abordé à l'aide du quotient de localisation, de l'indice de Herfindahl, de la mesure ogive, de l'approche du portfolio, de la mesure de la moyenne nationale, de l'index d'entropie de Theil, etc. (Jackson, 1984; Tarwell, 1997). Chacune de ses approches a évidemment ses forces et ses faiblesses, mais elles présentent toutes le même problème: l'utilisation des critères subjectifs de la classification industrielle pour définir une certaine conception de la diversité. Bien que dans un article récent publié dans Regional Science and Urban Economics Moomaw (1998) estime à partir de codes SIC à 3 chiffres que l'agrégation à partir de codes à 2 chiffres n'introduise pas de biais systématique dans l'analyse régionale, nous croyons tout de même avoir démontré que l'utilisation de toute mesure ou indice basé sur la classification industrielle comporte toujours une certaine part d'arbitraire. Porter (1999) résume bien la situation à partir de ses travaux sur l'économie du Massachusetts:

Because parts of a cluster often fall within different traditional industrial or service categories, clusters may be obscured or even go unrecognized. In Massachusetts, for example, more than four hundred companies, representing at least 39,000 high-paying jobs, were involved in some way in medical devices. The cluster long remained all but invisible, however, buried within several larger and overlapping industry categories, such as electronic equipment and plastic products.

Bon nombre de praticiens de l'analyse régionale sont évidemment au fait des problèmes de mesure de la diversité locale reposant sur la classification industrielle (Chapman et Walker, 1987: 3-5). Mills (1992: 7, notre traduction) écrit ainsi "qu'à l'intérieur et entre les catégories de la SIC, les analystes sont à la merci des fonctionnaires qui créent les classifications". Jackson (1984) examine cette problématique en détail dans son article "An Evaluation of Alternative Measures of Regional Industrial Diversification". Il résume sa démarche et ses conclusions de la façon suivante:

Industrial diversity continues to be a goal in regional planning and policy contexts. While the concept has strong intuitive appeal, its definition and measurement suffer from problematic theoretical and statistical issues. An empirical analysis of the relationship between employment stability and four measures of diversity for multicounty regions in the State of Illinois is presented. The results indicate that the nature of the stability/diversity relationship is swamped by the measurement and estimation techniques

employed. Current diversity measures are deemed inadequate for regional policy makers (Jackson, 1984: 103).

Établir un taux de diversité en fonction des principaux produits finaux des entreprises d'une région est donc problématique. Une telle approche occulte également selon nous l'hétérogénéité de la production des entreprises et des talents diversifiés requis pour mener à terme toutes les fonctions utiles au sein d'une entreprise. Cela n'est sans doute pas crucial lorsque les différentes divisions d'une entreprise sont localisées dans des aires géographiques éloignées les unes des autres, ce qui est souvent le cas. Néanmoins, bon nombre d'entreprises de grande envergure peuvent avoir plusieurs divisions différentes ou composantes d'une division dans une même aire métropolitaine. On peut ainsi donner l'exemple de Koch Industries, entreprise à capitaux privés dont l'actif en 1997 était évalué à près de \$35 milliards, oeuvrant notamment dans la production de pétrole et de gaz naturel, les produits pétrochimiques, la production d'aliments pour bétail, l'élevage de bétail et l'ingénierie de grands projets. Bien que les activités de Koch Industries soient pour l'essentiel menées à partir de Wichita (Kansas), quoique le bureau de Houston y occupe une importance croissante, l'entreprise n'est le plus souvent identifiée que comme un producteur de produits pétroliers et dérivés dans le recensement américain des entreprises. La ville de Wichita compte donc des ressources humaines beaucoup plus diversifiée que ce que n'importe quel indice pourrait laisser croire.⁴⁶

1.5 Vers une nouvelle heuristique de la diversité locale

Nous venons donc d'illustrer, au moyen de ce que nous croyons être la recension de la littérature la plus large rédigée sur cette problématique, les lacunes de la classification industrielle, de la classification des brevets, des études économétriques et qualitatives de la diffusion intersectorielle ainsi que des mesures de la diversité locale. Comme l'avons constaté, nous rejoignons l'analyse de Jacobs (1970) dans la mesure où la plupart de ces travaux nous semblent problématiques, car ils reposent ultimement sur des catégorisations dissimulant la vraie nature des avancées techniques. Parler de "diffusion intersectorielle" est donc pour le moins arbitraire et masque une portion importante des processus reliés à la combinaison de techniques.

⁴⁶ D'après un entretien avec l'économiste Jerry Ellig de l'université George Mason.

Critiquer les approches antérieures est une chose, mais encore faut-il pouvoir aborder notre problématique de façon plus constructive. Notre premier pas en ce sens est d'abandonner pour la suite de ce travail la notion de "diffusion intersectorielle". Nous parlerons dorénavant de combinaison de techniques, de savoir-faire, de représentations, etc. Nous croyons également plus utile d'aborder le degré de diversification d'une économie locale en fonction des individus y habitant qui présentent des différences intrinsèques et qualitatives lorsqu'on les compare. Une approche basée sur des individus plutôt que sur les techniques et les matériaux nous semble la plus adéquate, car la combinaison de choses hétéroclites nécessite toujours une intervention humaine. Dans cette optique, chaque économie locale comprenant plus d'un habitant est diversifiée et tout devient alors question de degré. New York est plus diversifiée que Montréal, qui est plus diversifiée que Drummondville, qui est plus diversifiée que Cowansville, et ainsi de suite. Nous tenons également à prendre nos distances face aux travaux recensés jusqu'ici d'une autre façon, car nous ne croyons pas que l'usage de la moyenne soit particulièrement souhaitable pour déterminer le niveau de diversité ou de spécialisation d'un tissu économique local. Il est selon nous erroné de croire qu'une petite ville possédant différentes entreprises soit nécessairement plus diversifiée qu'une grande ville comptant un secteur dominant, mais également d'autres industries en proportions moins importantes. Si l'on se replace dans la perspective de l'individu, les valeurs absolues sont bien plus significatives que la moyenne. Aux yeux d'un entrepreneur cherchant à puiser dans les ressources de son milieu, une ville comme Pittsburgh offre sans nul doute plus d'opportunités diverses qu'une ville comme Drummondville où l'on ne trouve pas d'industrie dominante.

Notre emphase sur les individus peut a priori faire croire qu'une mesure de diversification basée sur la classification des compétences (SOC) pourrait être plus instructive qu'une mesure basée sur la SIC, ce qui est sans doute exact. Nous ne croyons toutefois pas qu'elle ferait véritablement ressortir les différences qualitatives entre individus ayant une formation similaire, mais des expériences pratiques complètement différentes. Nous suggérerons donc pour le reste de ce travail une approche fondée sur l'individualisme méthodologique où nous étudierons les interactions entre individus ayant des qualifications et des expériences différentes les uns des autres. Nous estimons toutefois utile de poser auparavant un regard critique sur

certaines idées répandues en géographie économique et qui, si nous les conservions dans le cadre de notre démarche, fausseraient notre analyse. Nous élaborerons ensuite plus en détail notre propre grille d'analyse en incorporant d'autres schèmes théoriques.

CHAPITRE 2: TENDANCES RÉCENTES DANS L'ANALYSE DE L'INNOVATION TECHNIQUE

Nous avons traité dans le chapitre précédent des lacunes de certains travaux sur la diffusion intersectorielle produits par des tenants de l'approche économique néoclassique. On trouve cependant en géographie économique une alternative théorique importante à ce courant de pensée. Inspirée de l'école française de la régulation, ses tenants avancent la thèse d'un changement radical de paradigme technique au cours des dernières décennies, alors que l'hégémonie du mode de production fordiste aurait été supplantée par un processus de spécialisation flexible de l'appareil productif. Une telle vision "structurelle" (i.e. hors du contrôle des acteurs économiques) du changement technique s'accorde toutefois mal avec notre objectif d'élaborer une théorie universelle de la combinaison de techniques dans un milieu diversifié. L'examen critique de ce courant de pensée nous est paru nécessaire pour justifier notre tentative d'élaborer une alternative théorique. Nous débuterons donc avec un bref survol de la littérature sur les sources et la nature des avancées techniques avant d'aborder plus spécifiquement la thèse du changement récent de mode de production.

2.1 L'analyse de l'innovation technique

L'analyse de l'innovation technique est évidemment très ancienne et comprend des contributions d'historiens (Basalla, 1988; Cutcliffe et Reynolds, 1997), d'économistes (DeBresson, 1996; DeGregori, 1985; Hendrickx, 1995; Jewkes et al., 1969; Rosenberg, 1976; 1982), de sociologues (Bijker, Hughes et Pinch, 1987; Bijker et Law, 1992; Jasanoff et alii., 1995), de philosophes (Goffi, 1988), de psychologues (Weber, 1992), de spécialistes de la gestion (Langrish et al., 1972; Van de Ven et al., 1989), de scientométristes (Callon et al., 1993), d'ingénieurs (Salvendi, 1982) et de scientifiques (Kealey, 1996), pour ne mentionner que les principales. Bien que chaque apport soit pertinent pour notre problématique, il nous a évidemment été impossible de parcourir entièrement cette littérature. Nous avons toutefois jugé qu'un survol large serait plus fructueux qu'une recension minutieuse dans l'un ou l'autre de ces domaines.

Malgré la diversité des apports, certains constats semblent partagés par l'ensemble des chercheurs. Le plus important est sans doute l'abandon progressif du cadre conceptuel

hérité de Schumpeter (1939) et développé dans le cadre des ouvrages de la "Famille Frascati" de l'OCDE (1980) où l'on établit un cloisonnement relativement étanche entre l'invention (i.e., la création d'objets techniques nouveaux sur la base d'idées ou de conceptions techniques nouvelles), l'innovation (i.e., la mise à la disposition du public, sur une base marchande, d'idées ou d'inventions nouvelles) et la diffusion (i.e., la transmission et l'adoption graduelles dans le temps et l'espace de l'innovation). Cette vision linéaire fait place depuis quelques années à des cadres théoriques plus complexes où l'on insiste notamment sur l'incertitude inhérente au processus créatif, l'innovation incrémentale, les processus informels, les interactions entre fabricants et utilisateurs, les réseaux sociaux, les compétences humaines et le hasard (Hendrickx, 1995). Nous devons donc aborder brièvement les sources de l'innovation, la nature des avancées techniques et certaines particularités de l'innovation corporative.

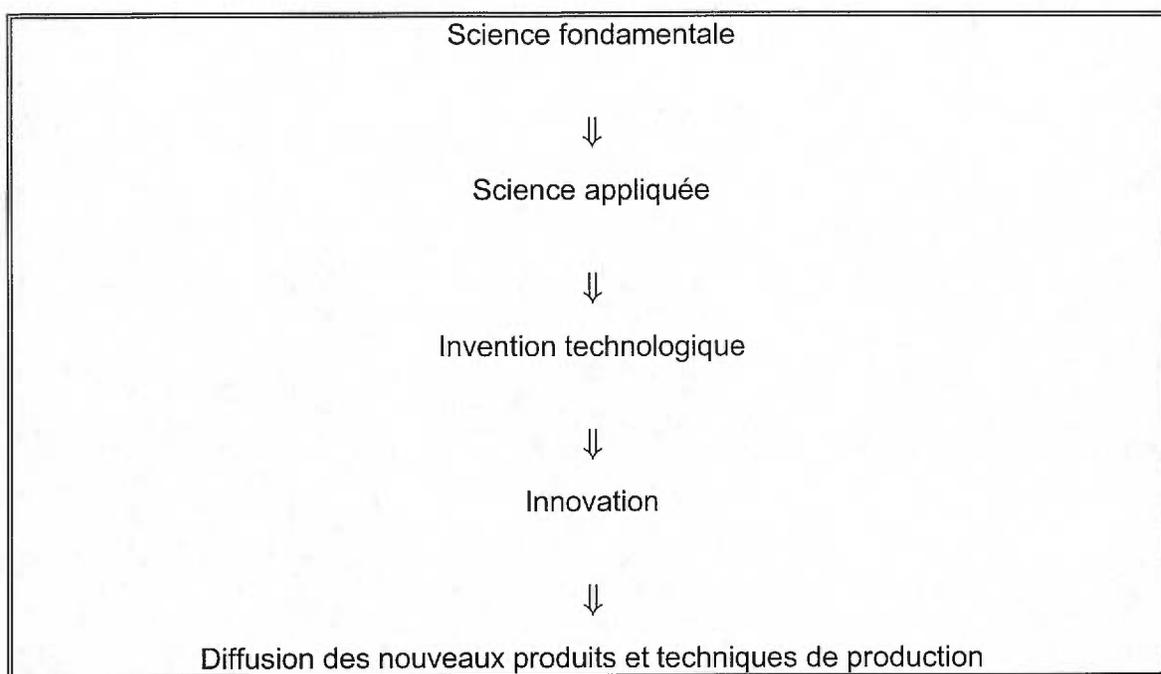
2.2 Les sources de l'innovation

Innover consiste à introduire quelque chose de neuf et d'encore inconnu dans un contexte établi, ce qui revient à dire que tout acteur innove dès qu'il découvre une manière de faire qui lui est inusitée. La technique peut alors être définie comme un ensemble d'activités interreliées se référant à des méthodes, des machines et des outils visant l'émergence, le développement et la commercialisation d'un produit ou d'un procédé. On distingue généralement quatre sortes d'innovations techniques: 1) la fabrication d'un bien nouveau ou de qualité supérieure; 2) l'ouverture d'un débouché nouveau ou d'une application nouvelle; 3) l'adoption d'une nouvelle méthode de production ou le recours à de nouvelles sources d'approvisionnement; 4) l'adoption d'une nouvelle méthode d'organisation ou de gestion (Bienaymé, 1994: 14-15).

Bien qu'il soit maintenant largement admis que les sources de l'innovation technique sont multiples, bon nombre de géographes économistes s'intéressent d'abord et avant tout aux retombées locales de la recherche universitaire. Cet intérêt pour les retombées pratiques de la recherche scientifique s'inscrit généralement dans une perspective selon laquelle l'innovation technique perdit son autonomie avec l'avènement de la recherche industrielle "scientifique" au tournant du siècle. Selon les tenants de cette approche, l'innovation technique serait alors devenue le simple aboutissement d'un processus linéaire dont le point de départ aurait été les idées et principes découverts par des

scientifiques oeuvrant dans des universités ou de grands laboratoires de recherche publics ou privés (figure 3).

Figure 3
Vision traditionnelle des relations science - technique



Source: D'après Tödtling (1992) et David (1993), notre traduction.

Certains analystes élaboreront des versions plus complexes de cette schématisation, mais la plupart soutiendront que la situation concurrentielle d'une entreprise dépend avant tout de sa R-D résultant de la recherche scientifique et débouchant sur des solutions commercialisables et brevetées. Une fois les nouvelles techniques ou les nouveaux produits mis au point, la division commerciale se chargeait alors de les vendre aux entreprises oeuvrant dans un secteur industriel déterminé. Cette vision linéaire est toutefois tombée en désuétude. La plupart des analystes reconnaissent désormais que le champ technique est relativement autonome et que la recherche universitaire, bien que parfois primordiale, est souvent d'une importance marginale pour l'innovation technique. Les recherches des dernières décennies insistent plutôt sur les processus novateurs d'apprentissage et de développement des compétences s'effectuant en fabricant (*learning by doing*) et / ou en utilisant un produit ou une technique (*learning by*

using), par la recherche de nouvelles solutions (*learning by searching*) et en apprenant à apprendre (*learning to learn*).⁴⁷

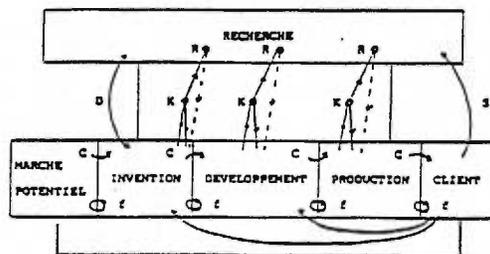
L'apprentissage par la fabrication renvoie au savoir-faire technique généré par l'expérience de fabrication à l'intérieur de l'organisation. Il résulterait essentiellement du travail des employés du secteur "production", leur serait spécifique et requerrait, outre un bagage de formation et d'expérience technique, une participation active et une connaissance détaillée des procédés de fabrication. L'apprentissage par la recherche de nouvelles solutions renvoie à une démarche pro-active débouchant sur l'utilisation de techniques inusitées jusque là pour une entreprise, que ce soit sous forme d'accords sous licence, d'alliances stratégiques, d'embauche de personnel qualifié et de l'utilisation d'un nouveau produit ou d'un nouveau procédé. L'apprentissage par utilisation résulte évidemment de l'utilisation d'un produit par un client, mais il va souvent bien au-delà. Certaines études qualitatives (Von Hippel, 1976, 1988; Slaughter, 1993) démontrent ainsi que les usagers sont généralement plus novateurs que les manufacturiers et que bon nombre d'innovations sont mises au point par les usagers et reprises par les manufacturiers - ce qui ne fait d'ailleurs que confirmer ce qu'avançait Adam Smith il y a plus de deux siècles (Kealey, 1996). Lundvall (1988) élabore davantage sur l'importance de ce dernier type d'innovation en soulignant que: 1) les innovations de procédés mises au point par les usagers peuvent être appropriées par les producteurs ou représenter une menace potentielle pour ces derniers; 2) les innovations des usagers peuvent impliquer la fourniture de nouveaux équipements de production; 3) la connaissance produite par les usagers ne peut être transformée en nouveaux produits par les fournisseurs que si ces derniers sont en contact direct avec les usagers; 4) l'observation par les fournisseurs de problèmes divers chez les usagers peut représenter des marchés potentiels pour les fournisseurs les plus novateurs; 5) les producteurs peuvent être intéressés à surveiller les compétences et les capacités d'apprentissage des usagers afin d'estimer leur capacité respective d'adopter de nouveaux produits ou de nouvelles techniques; 6) les usagers ont parfois besoin d'informations et de connaissances très spécifiques pour résoudre leurs problèmes, informations que seul le producteur est en mesure de leur fournir.

⁴⁷ Carrière (1992) décrit plutôt l'apprentissage par développement, par fabrication, par utilisation et par diffusion. Nous retenons toutefois la typologie de Slaughter (1993) qui nous semble plus appropriée pour notre démarche. Voir également Hendrickx (1995) pour un examen plus détaillé de cette problématique.

Le succès des entreprises d'un secteur industriel ne relève donc pas seulement de la recherche interne, mais aussi dans une large mesure de la nature des liens entre fournisseurs, manufacturiers et usagers. La quête de l'information par les divers acteurs, mais envisagée en termes de rétroactions et non pas de causalité univoque entre "donneurs d'ordres" et sous-traitants, serait donc cruciale. Tout dépendrait en fait du type de relations de sous-traitance entre un fabricant et un fournisseur, selon que l'arrangement consiste pour l'essentiel à faire un appel d'offres pour un produit aux caractéristiques bien définies ou au contraire à établir une relation d'interdépendance visant davantage le développement à long terme d'un produit. La réalité est toutefois rarement aussi tranchée et ces deux types d'arrangements coexistent souvent (Suarez-Villa et Fischer, 1995). Il va également de soi qu'une distinction trop rigide entre "fabricants" et "fournisseurs" ou "donneurs d'ordre" et "sous-traitants" tend à masquer le fait que certains individus changeront d'emplois entre ces diverses entreprises.

Nombre de chercheurs proposent donc des schématisations de l'innovation technique où l'on insiste sur les réseaux d'individus oeuvrant dans la sphère commerciale. L'un des mieux connus est le modèle de liaison en chaîne (*chain-link model*) de Kline et Rosenberg (1986), où l'on trouve cinq sentiers d'activité dont l'étude permet de souligner les effets en retour des phases en aval du modèle linéaire sur les phases en amont, ainsi que l'interaction entre la science et le processus d'innovation au cours de chacune de ces phases (figure 4).

Figure 4
Modèle de liaison en chaîne de Kline et Rosenberg

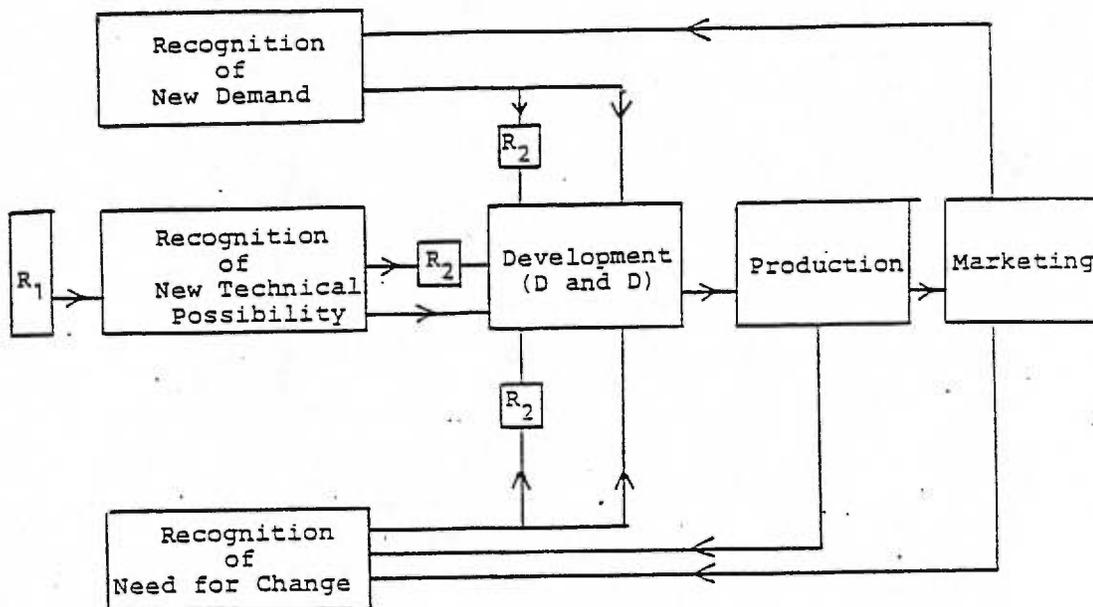


C = Chaîne centrale de l'innovation.
 I = Boucles courtes.
 F = Boucles longues.
 D = Lien direct entre recherche et invention.
 S = Soutien de la recherche scientifique.
 KR = Lien connaissance-recherche — si le problème est résolu au niveau K ce lien n'est pas active.

Source: Gaffard (1989: 18).

Le modèle de Lars Rey nous semble également intéressant, ne serait-ce que parce qu'il ne met l'emphase que sur la sphère commerciale et industrielle qui est au coeur de notre problématique (figure 5).

Figure 5
Modèle du changement technologique de Rey



R1 = Recherche spéculative

R2 = Recherche de services

Source: Fores (1979a, Annexe 1).

Les ingénieurs et les techniciens n'entretiennent donc souvent qu'un lien ténu avec les chercheurs universitaires, même si des individus des deux groupes interagissent évidemment les uns avec les autres, généralement lorsque des problèmes techniques attirent l'attention des scientifiques. Il est donc désormais acquis que la science n'est qu'une source parmi d'autres de l'innovation technique (Kealey, 1996; Langrish et al., 1972; Parayil, 1991; Rosenberg, 1982, 1994; Smith 1982).

2.3 De la nature des avancées techniques

La vision la plus répandue du changement technique en géographie économique s'inspire surtout de la typologie des cycles de Schumpeter (1939) où l'on met l'emphase sur des "techniques structurantes" représentant des coupures qualitativement importantes avec le passé et touchant pratiquement toutes les branches industrielles. Une fois mises au point, ces innovations radicales entraînent à leur suite le reste de l'économie, le temps qu'elles arrivent à maturité et déclinent. La machine à vapeur trouva ainsi au siècle dernier des applications dans les mines, les entreprises sidérurgiques, les manufactures de porcelaine, les bateaux et les chemins de fer. Les chemins de fer, le moteur à essence, l'énergie électrique, les plastiques et les ordinateurs auraient joué le même rôle par la suite, une révolution technique succédant à l'autre (Hall, 1990; Van de Ven, 1990a; Freeman, 1994).

Une vision essentiellement incrémentale de l'innovation technique a toutefois toujours eu ses adeptes. On note ainsi au siècle dernier les contributions de Samuel Butler, Augustus Henry Pitt-Rivers, Samuel Smiles, Gabriel de Tarde et plus près de nous celles de William Ogburn, S. Colum Gilfillan, Abbot Payson Usher et Nathan Rosenberg (Basalla, 1988; Rosenberg, 1976). Dans cette optique, le changement technique résulte essentiellement d'innombrables petits ajouts, ajustements, modifications et adaptations sur des objets existants qui ne sont le plus souvent pas brevetés, publiés, vendus séparément ou même identifiés formellement par les entreprises. Ce processus cumulatif est jugé beaucoup plus important à long terme que l'impact de quelques innovations majeures. En fait, certains de ces auteurs soutiennent même que bien souvent les innovations radicales identifiées par certains analystes (comme par LA machine à vapeur) ne sont que des sélections arbitraires au sein d'un processus

beaucoup plus long et plus complexe.⁴⁸ Le grand biographe des inventeurs et mécaniciens de l'expansion industrielle britannique, Samuel Smiles, a bien résumé ce point de vue au siècle dernier.

Rarely does it happen that any discovery or invention of importance is made by one man alone. The threads of inquiry are taken up and traced, one labourer succeeding another, each tracing it a little further, often without apparent results. This goes on sometimes for centuries, until at length some man, greater perhaps than his fellows, seeking to fulfil the needs of his time, gathers the various threads together, treasures up the gain of past successes and failures, and uses them as the means for some solid achievement... So... of the Locomotive, of which Robert Stephenson said, "It has not been the invention of any one man, but of a race of mechanical engineers."... Thus, what is hailed as an original invention is often found to be but the result of a long succession of trials and experiments gradually following each other, which ought rather to be considered as a continuous series of achievement of the human mind than as the conquest of any single individual (Smiles, 1863: 168-9).

Plus d'un siècle plus tard, Jewkes et al. (1969: 24, notre traduction) feront le même constat en soulignant que le progrès technique est "un ruisseau au courant indivisible duquel il est impossible, à moins d'agir arbitrairement, d'isoler un fragment pour l'examiner indépendamment", car chaque item est ultimement lié à tous les autres. On trouve ainsi plusieurs antécédents à la machine de Watt, tandis que d'innombrables ajustements et de nouvelles avancées techniques seront nécessaires pour l'utiliser dans de nouveaux contextes (Basalla, 1988; Smiles, 1863). MacLeod (1992: 290-1) résume bien le processus dans son analyse de la diffusion technique des machines-outils au siècle dernier en fournissant plusieurs exemples où un inventeur indépendant effectue une percée initiale qui est reprise bien des années plus tard par des manufacturiers la transformant en produit commercialement viable. Les machines à tisser (1785) et à carder (1792), dont on attribue généralement la paternité à l'ecclésiastique James Cartwright, ne deviendront ainsi rentables qu'au début du dix-neuvième siècle après que d'autres individus créatifs aient pris le relais et perfectionné les premiers prototypes.

Le phénomène n'est évidemment pas particulier qu'aux machines-outils. Certains auteurs estiment ainsi que le délai séparant une idée ou une découverte de son application pratique a été de 112 ans pour la photographie, de 56 ans pour le téléphone,

⁴⁸ Voir notamment Basalla (1988), Jewkes et al. (1969), Petroski (1992), Rosenberg (1976; 1982; 1994) et Yin (1994a).

de 65 ans pour le moteur électrique, de 35 ans pour la télégraphie sans fil, de 12 ans pour la télévision, de 27 ans pour la fermeture Éclair, de 7 ans pour le stylo à bille et de 13 ans pour le rasoir mécanique (Bianchi, 1974: 14). Enos (1962) a de même étudié le délai entre le premier prototype et l'application commerciale de 46 inventions, dont 11 dans le domaine pétrolier qui était son principal champ d'étude. Il observa un intervalle moyen de 11 ans dans le domaine pétrolier et de 13,6 ans dans les autres domaines. Son échantillon varie toutefois grandement, allant de 79 ans pour la lampe fluorescente à un an pour le fréon réfrigérant. Nous croyons toutefois que ces données n'ont au mieux qu'une valeur indicative, car comme le remarquent Langrish et al. (1972: 7-8), la perception subjective des auteurs vient sans doute fausser considérablement tous ces résultats. Quoiqu'il en soit, les tenants de l'innovation incrémentale font un retour en force depuis quelques décennies, dans la foulée notamment de diverses enquêtes où les auteurs recherchent des ruptures techniques radicales, mais sont incapables d'en identifier (Nasbeth et Ray, 1974: 275). Nous laissons toutefois le mot de la fin sur cette question au caustique ingénieur industriel Michael Fores.

In the accounts by scholar-courtiers of the ordinary world of work, we can read of a stream of revolutions, crises, insights, breakthroughs, discontinuities, and the rest, composed in manner that looks needlessly hysterical to those who are more familiar with ordinary work places. There is something more embracing than simple English-language Industrispeak at work, to produce overdramatized, unreliable accounts. I believe that the human mind is more easily drawn to tales of high drama than to measured accounts of what really goes on (Fores, 1980: 249).

Si l'innovation technique est le résultat d'avancées incrémentales, il va donc de soi qu'il en va de même avec la combinaison de techniques. La mécatronique ou l'optoélectronique sont ainsi le résultat d'innombrables petits ajouts et modifications qui généreront plusieurs produits différents. On peut maintenant resituer cette vision incrémentale de l'innovation dans le contexte de l'entreprise.

2.4 Quelques caractéristiques de l'innovation corporative

Certains analystes de la gestion se sont intéressés à la dynamique de l'innovation au sein de grandes entreprises. Les études de cas réalisées par les chercheurs du Minnesota Innovation Research Program (MIRP) sur bon nombre de firmes basées dans la grande région de Minneapolis sont particulièrement éclairantes à cet égard. Ces auteurs identifient un certain nombre de récurrences dans les processus novateurs

corporatifs que nous présentons ici de façon succincte (Poole et Van de Ven, 1989: 637, notre adaptation).

1) Des choc(s) provoque(nt) l'innovation. Les individus agissent surtout lorsqu'ils atteignent un point critique de mécontentement ou qu'ils perçoivent une opportunité à saisir.

2) Les idées prolifèrent. Si l'innovation débute par une simple progression unitaire, les idées novatrices se multiplient rapidement et prennent plusieurs directions divergentes au sein de l'entreprise.

3) Incertitude et expérimentation. Les reculs et les échecs sont fréquents. Les pronostics initiaux pèchent souvent par optimisme. Les engagements s'accumulent. Des signaux confus quant au succès ou l'échec apparaissent de façon désordonnée. Des erreurs dégénèrent en cycles vicieux qui ne sont brisés qu'à partir d'interventions externes.

4) Restructuration. La restructuration de la démarche novatrice survient le plus souvent à partir d'interventions externes pour corriger le cours des actions au moyen de changement de personnel, de transactions, d'engagements conjoints et de fusions.

5) Rôle de la hiérarchie. Les échelons supérieurs et hors de l'équipe de travail sont fréquemment impliqués dans le développement de l'innovation et jouent quatre rôles clés: sponsor, cynique, mentor et entrepreneur politique et / ou institutionnel.

6) Évaluation. Les critères de succès de la démarche novatrice évoluent constamment, diffèrent entre les groupes et déclenchent des luttes de pouvoir entre les gestionnaires de l'innovation et les contrôleurs de l'entreprise.

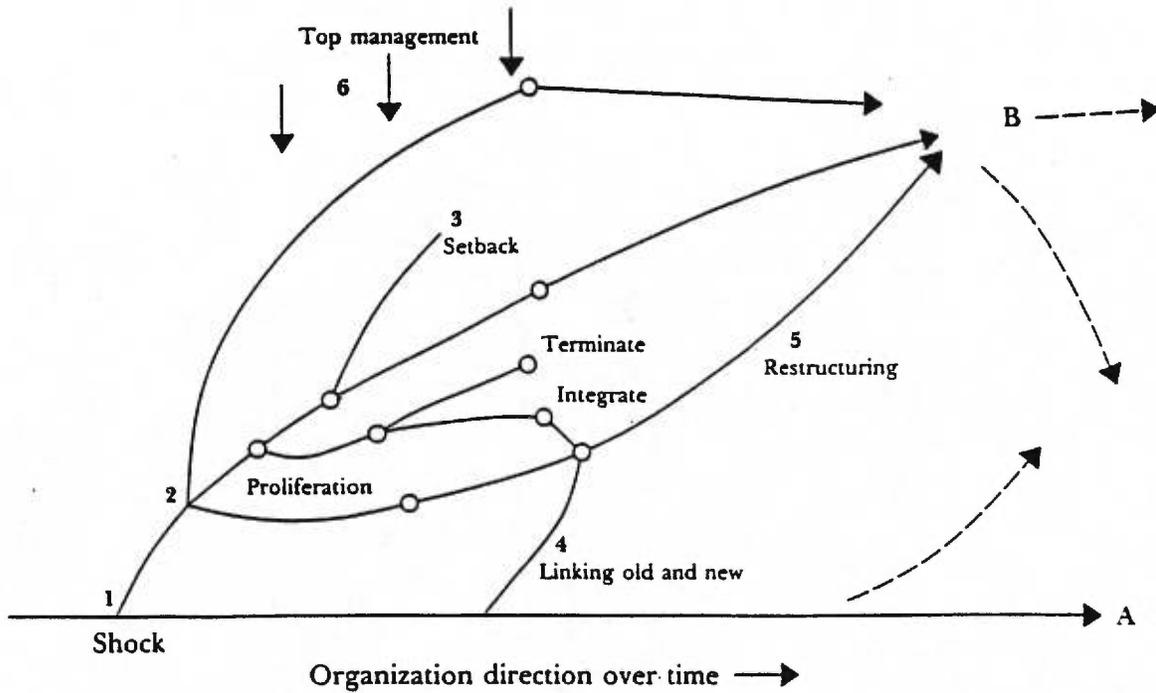
7) Résultats. Les résultats de l'innovation sont partiellement déterminés par les actions courantes et sont partiellement un indicateur des actions futures. Ils ne sont toutefois souvent pas reliés aux actions ayant lieu dans le développement actuel de l'innovation. Des éléments d'apprentissage rationnel et "superstitieux" surviennent au fur et à mesure de la démarche novatrice.

8) Direction. Une innovation qui est développée ou sélectionnée à l'interne à un niveau de l'organisation tend à devenir une innovation mandatée de l'extérieur pour les autres paliers de l'organisation, créant ainsi une variété de stratégies d'adoption de l'innovation non prévues.

Certains chercheurs du MIRP ont présenté ces récurrences de façon plus schématique (figure 6).

Figure 6

Modèle de l'innovation corporative de Schroeder, Van de Ven, Scudder et Polley



Source: Schroeder et al. (1989: 131).

Les chercheurs du MIRP ont également comparé de façon succincte leurs résultats à la perception se dégageant d'une recension détaillée de la littérature traditionnelle sur l'innovation corporative (tableau 2).

Tableau 2
Comparaison entre les résultats du MIRP et les théories antérieures.

	<u>La littérature assume implicitement que:</u>	<u>Mais nous constatons plutôt que:</u>
Idées:	Une invention, opérationnelle	Réinvention, prolifération, réimplémentation, abandon, terminaison de projets
Acteurs:	Un entrepreneur avec un nombre fixe d'employés à temps plein pour une longue période	Plusieurs entrepreneurs, plusieurs projets, s'engageant et se désengageant à plus ou moins long terme dans une variété de rôles organisationnels
Transactions:	Réseau fixe de gens/entreprises travaillant les détails d'une idée	Réseau en expansion ou se contractant, composé de gens ayant des intérêts/parti pris, mais des idées divergentes
Contexte:	Environnement fournit des opportunités et des contraintes sur le processus novateur	Processus novateur crée et est contraint par de multiples environnements décrétés (<i>enacted</i>)
Résultats:	Orientation vers un résultat final; Un nouvel ordre stable est créé	Résultat final peut être indéterminé; Multiples évaluations et essaimage/retombés au cours du processus; intégration des nouveaux ordres avec l'ancien
Processus:	Simple, séquence cumulative d'étapes	Progressions simples ou multiples suivant des phases ou des sentiers divergents, parallèles et convergents, dont certains sont reliés et cumulatifs, d'autres non

Source: Van de Ven (1990: 3, notre traduction).

La vision émergeant des travaux récents sur la dynamique de l'innovation technique est donc celle d'un processus cumulatif et complexe faisant intervenir un grand nombre d'acteurs. Le cadre d'analyse dominant en géographie économique est toutefois bien différent, comme nous allons maintenant le constater.

2.5 Le fordisme et la spécialisation flexible: Rupture ou continuité?

Depuis au moins John Stuart Mill et Karl Marx (Rosenberg, 1994: 43), une majorité d'économistes et de spécialistes de l'organisation industrielle ont eu la conviction (implicite ou explicite) que l'anarchie du marché et des petites entreprises ne pouvait soutenir la concurrence des conglomérats industriels. Plusieurs auteurs postuleront donc que les grandes entreprises disposant de ressources abondantes et mieux formées sont les meilleurs incubateurs de l'innovation et de sa mise en marché. La thèse de la domination du "mode de production fordiste" traduira ce sentiment chez nombre d'analystes, notamment en géographie économique. En fait, ce cadre d'analyse est tellement dominant que nous estimons devoir l'aborder plus en détail afin de justifier notre tentative d'élaborer une alternative théorique.

2.5.1 Le mode de production fordiste

Le modèle fordiste est ordinairement présenté comme la conjonction de trois éléments compatibles entre eux: 1) une forme d'organisation du travail (i.e., un paradigme industriel); 2) une structure macro-économique (i.e., un régime d'accumulation); 3) un ensemble de normes (i.e., un mode de régulation) en ce qui concerne le rapport salarial et la concurrence entre les capitaux. Le fordisme comme modèle d'organisation renverrait pour l'essentiel à la combinaison de la production de masse (i.e., la standardisation des productions, des économies d'échelle et la recherche d'avantages comparatifs sur les coûts du travail) et des principes tayloriens de gestion (i.e., l'opposition entre des "concepteurs" dirigeants et des "exécutants" passifs, disciplinés et peu qualifiés). Les principes internes de ce modèle s'articuleraient autour de la triade mécanisation - spécialisation - déqualification. Guilhon (1993) l'a présenté schématiquement (tableau 3).

Tableau 3
Système technologique, structures productives
et modalités d'obtention des gains de productivité dans les secteurs fordistes

<p><u>Caractéristiques structurelles</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Lourdeur du rapport équipement/travailleur. - Grande taille des équipements efficaces. Importance des rendements d'échelle techniques. - Intégration au sein de filières techniques de production. - Division du travail accentuée et polarisation des qualifications entre les activités de conception, finance, marketing et les activités d'exécution. - Sous-traitance verticale de "capacité" ou de volume. <p><u>Variables de comportement</u></p> <p><i>Productivité</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gains importants en croissance (gestion des indivisibilités techniques), chute en récession. - Gains recherchés dans la fabrication (recherche d'un optimum local). - Prépondérance des fonctions de production ("produire davantage" pour allonger les séries). <p><i>Qualité</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Faible différenciation des produits (plutôt symbolique). Les grandes opposent qualité et productivité. <p><u>Variables d'environnement</u></p> <p><i>Espace-marché</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - National / international (relation bi-univoque entre marchés extérieurs et rendements d'échelle). <p><i>Espace de fonctionnement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Régional (bassins d'emplois) / national / international (stratégies de délocalisation des ateliers). - Segmentation internationale des processus productifs. <p><u>Adaptabilité de l'organisation productive</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestion des fluctuations par les stocks et les surcapacités. Tendance à la réduction structurelle de la flexibilité.
--

Source: Guilhon (1993: 140).

Kaisergruber (1992) fournit de même une présentation schématique entre le fordisme et le post-fordisme (tableau 4).

Tableau 4
Fordisme et post-fordisme

	Fordisme	Post-fordisme
<u>Sources de productivité</u>	Mécanisation	Technologie de l'information
	Économies d'échelle	Flexibilité
	Grandes usines	Petites unités
	Industrie manufacturière	Complexe servo-industriel
<u>Organisation</u>	Intégration verticale	Entreprise élargie
	Organisation hiérarchique	Décentralisation
	Hommes d'appareil	Entrepreneurs
	Taylorisme	Requalification
<u>Stratégies</u>	Investissement matériel	Investissement immatériel
	Marketing en masse	Marketing de niches
	Accroître part de marché	Créer nouveaux marchés
	Avantage au plus gros	Avantage au plus rapide

Source: Kaisergruber (1992: 6).

On situe généralement la fin de l'hégémonie incontestée du mode de production fordiste au début des années soixante-dix. Fischer (1994: 63-64), synthétisant bien l'argumentation de plusieurs, renvoie au rôle de trois phénomènes: 1) une situation de surcapacité permanente de la production dans de nombreuses branches d'activité et une suraccumulation du capital investi; 2) une turbulence monétaire et financière sévissant sur les marchés mondiaux à la fin des années 1960; 3) une hausse vertigineuse des cours du pétrole. Ces bouleversements prépareront le terrain pour un nouveau paradigme, celui de la spécialisation flexible, dont nous allons maintenant examiner les caractéristiques.

2.5.2 Les caractéristiques de la spécialisation flexible

Le succès de certaines organisations industrielles japonaises et allemandes faisant abondamment appel à la sous-traitance, la déconfiture spectaculaire de plusieurs

grands conglomérats, l'émergence spontanée de grappes de PME fortement intégrées à leur milieu géographique, de même que plusieurs ouvrages et recherches vantant les mérites d'être petit, audacieux, flexible et d'occuper une ou quelques niches, plutôt que gros, inerte et bureaucratisé, feront dire à plusieurs auteurs qu'une nouvelle page de l'histoire du capitalisme venait d'être tournée. Tour à tour qualifié de post-fordisme, de post-taylorisme ou de système de production flexible, ce nouveau paradigme mandaterait flexibilité, décentralisation et hyper-spécialisation.

Dans un classique du genre, Piore et Sabel (1984) soutiennent toutefois que la spécialisation flexible n'est pas un phénomène nouveau. Ce mode de production ne serait en fait que la version contemporaine de la production artisanale qui avait été complètement déclassée au tournant du siècle par l'émergence de la production à grande échelle. Piore et Sabel n'attribuent toutefois pas le triomphe historique de la production de masse à sa capacité de produire des biens dont le rapport qualité / prix satisfaisait mieux les consommateurs, mais bien plutôt à des considérations politiques et institutionnelles (p. 37). De nouvelles technologies permettraient maintenant de renverser la tendance et remettrait à l'avant-plan la professionnalité de la main-d'oeuvre tout en favorisant l'innovation décentralisée et la coordination entre les firmes. En fait, plusieurs auteurs soutiennent que la spécialisation flexible n'est rendue possible que par l'émergence de nouvelles techniques permettant de diversifier considérablement l'usage des machines et la gamme de produits offerts. Fischer (1994: 70) souligne ainsi: "L'automatisation, la numérisation, la programmation et l'interconnexion des machines constituent la base de cette flexibilisation de l'appareil de production. La conception, la gestion, la production assistées par ordinateur... les robots, les ateliers flexibles et les systèmes de production flexible... représentent l'essentiel de ces technologies".

2.5.3 Spécialisation flexible et territoire

L'émergence de la spécialisation flexible aurait eu des conséquences géographiques importantes, tant au niveau de districts industriels ruraux que de grands centres urbains. Un autre courant d'analyse, que l'on affuble parfois des noms de deux économistes et d'un géographe (le modèle "Coase - Williamson - Scott") reprend dans ce deuxième cas l'analyse classique de la firme pour expliquer le retour en force des métropoles. On rappelle ainsi que toutes les entreprises effectuent un arbitrage entre les coûts de transaction internes et externes. Une firme sous-traitera donc la production et les services pour laquelle elle jugera plus rentable d'agir ainsi, c'est-à-dire lorsque les coûts

de transaction pour l'approvisionnement externe (recherche de l'information, transport, négociation, transmission des instructions, suivi, etc.) seront inférieurs à la production à l'interne. Or on constaterait maintenant de façon beaucoup plus marquée que par le passé que l'agglomération de firmes en un même lieu minimise de façon notable ces coûts de transaction. Contrairement aux économies d'échelle des usines de l'ère fordiste, la concentration géographique d'entreprises permettrait de plus de privilégier la flexibilité du système productif. Les systèmes spatiaux fordistes intégrés verticalement s'effaceraient donc rapidement devant des agglomérations d'entreprises minimisant leurs coûts de transaction. Du plus petit district industriel aux mégapoles mondiales, la "spécialisation flexible" favoriserait non seulement le retour des usines et des bureaux vers les zones urbaines, mais encore la reprise de la croissance quantitative des agglomérations spatiales. La grande entreprise intégrée et autosuffisante serait donc déclassée par des réseaux de firmes spécialisées, organisées en systèmes industriels localisés, mais reliées à des réseaux internationaux.

Il est toutefois entendu que cette remétropolisation n'affecte pas uniformément toute la gamme des activités économiques. Comme par le passé (Haig, 1926), les grandes métropoles concentrent aujourd'hui les activités de pointe, le hors-norme et le sur-mesure, alors que certaines opérations standardisées et routinières refluent vers des localisations de plus en plus éloignées des sièges sociaux à la recherche d'intrants moins coûteux ou de la proximité de certains marchés (Chapman et Walker, 1987: 163; Hoover et Giarattani, 1984: 340). On note ainsi la très forte propension des services supérieurs à se concentrer dans les grandes villes, même si certains d'entre eux tendent à migrer vers les banlieues.

2.6 Une critique de la thèse du changement de mode de production

Bon nombre de chercheurs en géographie économique soutiennent donc la thèse d'une mutation importante de la structure industrielle des économies avancées depuis une cinquantaine d'années. Le discours de plusieurs tenants de ces approches ne nous paraît toutefois pas particulièrement rigoureux, car il se borne souvent à souligner que l'organisation interne d'une entreprise comme Toyota ou Benetton ne répond pas à l'idéal-type fordiste, ce qui prouverait que nous sommes maintenant dans un nouveau mode de production. Or des travaux remarquablement étayés d'historiens des techniques sur l'avènement de la production de masse nous font douter de la véracité historique du mode de production fordiste (Hoke, 1990; Hounshell, 1991; Schwartz et

Fish, 1998). Nous avons donc cru bon d'examiner plus en détail quelques unes des principales caractéristiques attribuées à ce modèle, telles que la production de masse, le taylorisme et le pouvoir d'achat des travailleurs, afin de voir s'ils sont réellement apparus dans les usines Ford. Nous compléterons notre critique de la spécialisation flexible en mettant l'emphase sur d'autres facteurs que nous jugeons aussi valables pour expliquer le retour en force des économies d'agglomérations.

2.6.1 Critique de la thèse de la mutation structurelle

Le discours sur le passage du mode de production fordiste à la spécialisation flexible s'inscrit pour l'essentiel dans une trame dialectique classique impliquant le passage d'un mode de production à un autre, bien qu'on le qualifie de post-marxiste parce que l'on y trouve l'influence du post-keynesianisme, de l'école des Annales et même un certain optimisme. On y réactualise des thèmes anciens tels que: 1) la concentration du capital; 2) la déqualification progressive du prolétariat; 3) la surproduction chronique; 4) la baisse tendancielle du taux de profit; 5) la théorie du pouvoir d'achat. Parce que tout s'y ramène ultimement à l'établissement de rapports de force ou de "régulation", on y fait peu de cas du jeu de la concurrence et du rôle des consommateurs dans la sélection d'un système de production par une entreprise.

Quelques critiques (Williams et al., 1987; Gertler, 1992) ont toutefois relevé plusieurs problèmes conceptuels dans ce discours, certains allant même jusqu'à écrire que la distinction entre production de masse et spécialisation flexible serait arbitraire, injustifiée et non-opérationnelle. Présentant schématiquement les trois critères de Piore de Sabel, Williams et al. (1987) remarquent qu'aucune industrie ou entreprise ne se situera simultanément aux extrémités dans ces dimensions (tableau 5).

Tableau 5
Spécialisation flexible contre production de masse

<u>Spécialisation flexible</u>		<u>Production de masse</u>
faible	équipement <-----> spécialisé (<i>dedicated</i>)	élevé
élevée	différenciation <-----> de la production	faible
courte	durée de la <-----> production	longue

Source: Williams et al. (1987: 407, notre traduction).

Ils ajoutent également que l'immense majorité des entreprises utilisera toujours une combinaison de techniques plus ou moins flexibles pour réaliser leurs objectifs (p.435). Affirmer que la production de masse a détrôné la spécialisation flexible au siècle dernier ou que l'inverse est actuellement en train de se produire serait donc pour le moins hasardeux si l'on est incapable d'identifier concrètement la catégorie à laquelle appartient la majorité des entreprises. Williams et ses collègues (p. 420) questionnent également l'argument de l'influence politique dans le succès de Henry Ford, notamment en fournissant la liste des "financiers" l'ayant appuyé à ses débuts (un charpentier, de petits hommes d'affaires et un commis de bureau). Comme nous allons maintenant le constater, les fondements du reste de ce discours nous semblent tout aussi discutables.

2.6.2 La production de masse

Comme nous le verrons plus en détail dans le troisième chapitre, Ford et ses ingénieurs n'ont pas inventé la production de masse, pas plus d'ailleurs qu'ils n'ont inventé la chaîne de montage, un procédé déjà bien répandu au dix-neuvième siècle et qui ne sera introduit dans l'entreprise de Détroit qu'en 1913. Ford abandonnera d'ailleurs dès le milieu des années vingt la production en série sur plusieurs années d'un bien standard,

après que General Motors lui eut soutiré plusieurs parts de marché en sortant annuellement de nouveaux modèles améliorés. Dans un article récent, Schwartz et Fisch (1998) soutiennent même que l'industrie automobile de Détroit au début du siècle présente toutes les caractéristiques du mode de production que l'on qualifie maintenant de juste-à-temps.

De fait, bon nombre d'entreprises antérieures à Ford ont tenté au dix-neuvième siècle d'introduire la production de masse, mais toutes se sont heurtées au même problème: les besoins changeants de consommateurs toujours à la recherche d'un produit plus performant. La plupart des grandes entreprises effectuent donc toujours un arbitrage entre production en série et flexibilité, car comme le rappellent Lampel et Mintzberg (1997: 40): "Dans les usines... les directeurs de production considèrent la standardisation comme le meilleur moyen d'améliorer l'efficacité, tandis que les directeurs de vente considèrent généralement que l'individualisation est la seule façon de faire grimper les ventes". L'historien des techniques David Hounshell (1991: 8) illustre cette dichotomie chez la *McCormick Harvester Company* en soulignant que les dirigeants de cette entreprise devaient produire annuellement de nouvelles machines pour répondre aux exigences de leur clientèle, ce qui y a empêché l'avènement de la production de masse.

Un autre problème est que l'augmentation de la taille des entreprises implique nécessairement la multiplication et la complexification des procédures bureaucratiques. Des spécialistes en comptabilité de management ont soutenu que les difficultés de l'industrie automobile américaine face à leurs concurrents japonais étaient surtout liées à leur lourdeur bureaucratique, car on aurait développé "des usines de services à l'intérieur de l'usine, et ces usines de services étaient devenues plus importantes que la production elle-même" (Pichette, 1996). On a de plus remarqué au cours des dernières années que l'argument des économies d'échelle n'avait jamais été prouvé que de manière tautologique (Julien, 1993).

2.6.3 Le taylorisme

Il est évidemment indéniable que la division des tâches ait été très poussée chez les usines Ford. Il semble toutefois certain que les écrits de Taylor n'y aient eu aucune influence directe. Comme le souligne Hounshell (1991: 252), la pratique des ingénieurs de Ford différait considérablement de la philosophie taylorienne sur la question cruciale

de l'innovation technique. L'approche des ingénieurs de Ford consistera donc presque toujours à chercher la façon la moins coûteuse (i.e., le meilleur rapport production / coût) de produire un article en utilisant abondamment l'innovation incrémentale. Les partisans de Taylor avaient une approche différente, selon laquelle on sélectionnait une méthode de production - en fait, celle qui existait déjà au moment de leur étude - à partir de laquelle on cherchait à déterminer "scientifiquement" la meilleure façon de la mener à bien. On peut donc croire qu'historiquement le mode de production privilégié par les employés des usines Ford a été bien plus près des pratiques des entreprises japonaises contemporaines que du taylorisme!

2.6.4 La théorie du pouvoir d'achat

Une autre composante majeure du discours fordiste est une version contemporaine de la théorie du pouvoir d'achat selon laquelle la seule façon de prévenir un affaissement de la demande est d'assurer un salaire suffisamment élevé aux travailleurs afin qu'ils puissent racheter leur production. Or l'examen des usines Ford est également révélateur à cet égard. Que Ford ait introduit le "5\$ day" est évidemment indéniable, mais ce fut autant pour réduire le taux de roulement élevé de son personnel sur ses chaînes de montage que pour soutenir le pouvoir d'achat de ses travailleurs (car Ford était effectivement un partisan de la théorie du pouvoir d'achat). Le problème est que la volonté de Ford de maintenir des salaires élevés au début de la récession des années 1930 - suivant en cela les recommandations faites par le président Hoover à l'ensemble des grands industriels américains - faillit le mener tout droit à la faillite, avant qu'il ne se décide finalement à les réduire substantiellement en 1933 (Rothbard, 1972). Sans entrer dans les détails de la réplique classique à la théorie du pouvoir d'achat (qui est que les revenus des uns sont toujours les coûts des autres), on peut remarquer que des salaires hors de proportion à ce que les consommateurs des produits Ford étaient capables de payer n'étaient pas une réponse adéquate à l'époque, pas plus qu'elle ne le sera par la suite, et que personne ne s'attend réellement à ce que les employés de Rolls Royce puissent racheter leur production!

2.6.5 De la spécificité des nouvelles technologies flexibles

Si on a abondamment parlé de la flexibilité procurée par l'avènement de la micro-informatique et des télécommunications, Moshe Alamaro (1994) souligne que presque toutes les techniques ont connu le même phénomène de fragmentation et de diminution de taille au cours de ce siècle. C'est ainsi que l'ordinateur personnel a supplanté

l'ordinateur central, la photocopieuse / l'imprimerie traditionnelle, le fax / le telex, la co-génération et les mini-centrales / les centrales traditionnelles, les mini-aciéries / les aciéries traditionnelles, le magnétoscope / le cinéma conventionnel, l'automobile / le chemin de fer, etc.

Alamaro identifie neuf avantages des petites machines (généralement opérées par des PME) sur la production à grande échelle: 1) les petites machines (PM) augmenteraient la demande créée par les machines conventionnelles parce qu'elles rendraient la technologie plus facile à utiliser ou plus accessible à l'utilisateur (par exemple, la photocopieuse vs l'imprimerie traditionnelle); 2) les PM bénéficieraient d'un taux d'innovation accru en raison du grand nombre d'utilisateurs se familiarisant avec la technique concernée; 3) les PM permettraient de décentraliser les investissements et la réduction des coûts initiaux en capitaux rendraient les techniques plus commodes tout en diminuant par le fait même les coûts indirects; 4) les PM permettraient de réduire les besoins en infrastructures centralisées, ce qui permettrait de couper les coûts de transport et de réduire les besoins en logistique et en infrastructure; 5) la capacité de production des PM peut-être augmentée à petites doses, ce qui est plus abordable pour le petit investisseur; 6) les PM sont utilisées par des utilisateurs ne comptant pas leurs heures, ce qui fait que les coûts de main-d'oeuvre pour les opérer sont souvent minimaux; 7) les PM permettent l'exploitation d'intrants marginaux qui ne sont pas utilisés par les technologies conventionnelles; 8) paradoxalement, les petites machines sont fabriquées à grande échelle tandis que les grosses le sont souvent à l'unité ou en petits lots; 9) l'usage des PM est souvent perçu comme stimulant et amusant en raison de leur souplesse et de leur flexibilité. On remarque également que les nouvelles techniques ont souvent un impact notable sur la taille des installations, car le progrès technique permet ordinairement de produire plus que les anciennes méthodes en utilisant moins de ressources (dont notamment l'espace physique). Ramener un nouveau mode de production à un processus qui est le fondement de l'innovation technique (i.e., faire plus et mieux en utilisant moins de ressources) nous semble donc contestable.

2.6.6 De la nécessité d'une alternative théorique

Nous jugeons donc la thèse de la mutation structurelle du mode de production contestable à plusieurs égards. Bien que plusieurs théoriciens du passage du fordisme à la spécialisation flexible soulignent que leur conceptualisation ne consiste en fait qu'à

renvoyer à des "idéaux-types" facilitant l'analyse (Hirst et Zeitlin, 1991), certains critiques jugent tout de même l'emploi de ce cadre théorique peu utile (Murdoch, 1995; Schwartz et Fisch, 1998). Nous rejoignons évidemment l'analyse de ce dernier groupe, dans la mesure du moins où nous croyons que les concepts utilisés exagèrent indûment l'importance de quelques facteurs au détriment de certains autres. Il semble par contre indéniable que certaines méthodes "scientifiques" de gestion prônant notamment l'acquisition d'entreprises diversifiées pour ensuite les diriger d'une main de fer à partir d'un centre de contrôle ont eu un vaste auditoire. Elles n'ont cependant pas fourni d'avantages particuliers aux entreprises les ayant adoptées. Plusieurs gestionnaires n'ont alors eu d'autres choix que d'adapter leur façon de produire pour répondre aux demandes des consommateurs, ou alors de concevoir de nouveaux produits ou de nouvelles activités, notamment dans le secteur des services.

Une alternative théorique au discours dominant en géographie économique est donc plus que justifiée. Conformément aux analyses récentes que nous avons abordées dans ce chapitre, nous chercherons maintenant à privilégier la continuité et certains facteurs économiques fondamentaux sur les ruptures radicales. Nous prendrons donc comme point de départ que les consommateurs recherchent toujours la nouveauté et le meilleur rapport qualité / prix. Les producteurs doivent donc, à moins de disposer d'un marché captif, offrir toujours plus et mieux en réduisant leurs coûts de fabrication, sous peine de se faire enlever leur part de marché par leurs compétiteurs. Ils doivent innover constamment, tant au niveau de leurs techniques de production et de gestion que de leur gamme de produits et de leur mode de financement. Pour certains produits, un appareil de production massif et peu flexible fera l'affaire. Dans d'autres cas, certains consommateurs seront prêts à payer un prix élevé pour certains articles relativement sophistiqués et "exclusifs", ce qui favorisera un mode de production plus artisanal. Il n'y a selon nous rien de nouveau dans cet arbitrage continu entre rigidité / flexibilité et production à l'interne / sous-traitance que chaque dirigeant ou gestionnaire doit effectuer périodiquement pour que son entreprise demeure compétitive. Il n'est donc pas étonnant que la montée souvent fulgurante de la sous-traitance industrielle s'explique parfois autant par une volonté de diminuer les charges sociales que par la recherche d'une plus grande flexibilité, car en bout de ligne toutes les actions d'un entrepreneur ont pour objectif de diminuer les coûts de production et / ou d'améliorer la qualité des produits offerts. Nous chercherons donc pour le reste de ce travail à privilégier une approche qui tiendra compte de cette réalité.

2.7 Conclusion

Le point de départ de ce chapitre est le constat largement partagé de la désuétude du modèle linéaire de l'innovation technique. Nous avons abordé quelques cadres théoriques beaucoup plus complexes insistant sur l'incertitude inhérente au processus créatif, l'innovation incrémentale, les processus informels, les interactions entre fabricants et utilisateurs, les réseaux sociaux, les compétences humaines et le hasard. Comme nous l'avons constaté, toutes les enquêtes sur l'innovation confirment qu'elle est généralisée (*pervasive*) et qu'à peu près tous les acteurs, qu'ils soient concepteurs, usagers ou producteurs, affirment faire des avancées importantes, pour ne pas dire "uniques en leur genre" (DeBresson, 1996: 47). Nous avons également vu que le cadre théorique dominant du changement technique en géographie économique mérite d'être revu à la lumière de certains travaux menés par des historiens des techniques et des analystes du changement organisationnel. Constatant l'immense complexité des processus de l'innovation technique, certains chercheurs du MIRP ont renoncé à élaborer une théorie générale de l'innovation technique (Poole et Van de Ven, 1989: 638). Nous croyons toutefois la tâche possible dans la mesure où l'on s'attarde aux processus créatifs chez les individus avant d'aborder leur contexte institutionnel. Nous tâcherons de tirer quelques implications du contexte pouvant entourer ces processus, mais nous ne chercherons pas à trouver la "meilleure" façon de générer de l'innovation, car chaque cas est sans doute trop dépendant de circonstances particulières et des individus impliqués.

Nous jugeons donc possible d'identifier les processus par lesquels la diversité économique locale peut contribuer à induire de façon incrémentale l'innovation technique chez un individu créatif. Notre approche nous semble valable dans la mesure où la créativité humaine est indispensable dans toute démarche novatrice, indépendamment de la taille et de la localisation d'une équipe de travail (individu ou groupe), de l'avancement des travaux (exploratoire, prototype, mise en marché), du niveau de formation des innovateurs (aucun, académique, professionnel), de leur rôle (concepteur, producteur, usager) ou de l'étendue de leur gamme de production. Pour être utile en géographie économique, une approche basée sur la créativité individuelle doit toutefois être plus large et intégrer des facteurs économiques et sociaux que nous aborderons à l'aide d'une autre tradition analytique, l'école économique autrichienne. Nous verrons ensuite en quoi la proximité géographique peut faciliter ces processus,

tant au niveau de la stimulation de la créativité individuelle que des opportunités de rencontres et de collaboration entre individus.

CHAPITRE 3. VERS UNE ALTERNATIVE THÉORIQUE BASÉE SUR L'ANALYSE DES PROCESSUS DE MARCHÉ ET DE LA CRÉATIVITÉ TECHNIQUE

[Ludwig Von] Mises' contribution was very simple, yet at the same time extremely profound. He pointed out that the whole economy is the result of what individuals do. Individuals act, choose, cooperate, compete, and trade with one another. In this way Mises explained how complex market phenomena develop. Mises did not simply describe economic phenomena - prices, wages, interest rates, money, monopoly and even the trade cycle - he explained them as the outcome of countless conscious, purposive actions, choices, and preferences of individuals, each of whom was trying as best as he or she could under the circumstances to attain various wants and ends and to avoid undesired consequences. Hence the title Mises chose for his economic treatise, Human Action. Thus also, in Mises' view, Adam Smith's "invisible hand" was explainable on the basis of logic and utilitarian principles as the outcome of the countless actions of individuals.

- Bettina Bien Greaves. Foreword. In Ludwig von Mises. 1996 [1966]. Human Action. 4th revised edition. San Francisco: Fox and Wilkes, p. iii.

Discovery is seeing what everybody else has seen, and thinking what nobody else has thought.

- Albert Szent-Györgi. Cité par John F. Taplin. 1996. "The Education of an Inventor". Daedalus, vol. 125, no. 2, p. 17.

Ideas don't come out of a collective. People who say an invention is in the air or is a product of the times simply don't understand the process. I like one story about Einstein very much. Somebody once said that a committee probably could have come up with Einstein's famous relativity formula - but Einstein would have had to be on the committee.

- Stanford Ovshinsky. Cité par Kenneth A. Brown. 1988. Inventors at Work. Redmond (WA): Tempus Books of Microsoft Press, p. 163.

Nous avons vu dans les chapitres précédents comment les approches traditionnelles pour identifier et mesurer l'impact de la diversité économique locale sur l'innovation technique sont insatisfaisantes à plusieurs égards, de même que les fondations incertaines de l'un des cadres conceptuels dominants en géographie économique. Nous croyons donc valable d'aborder l'influence d'un milieu diversifiée sur la combinaison de techniques en nous basant sur la créativité individuelle, ce qui permet d'éviter les écueils que nous avons mentionnés précédemment. Pour ce faire, nous allons maintenant combiner certains apports tirés de deux approches distinctes: la théorie des processus de marché (ou école économique autrichienne) et l'analyse de la créativité technique. Nous introduirons dans un premier temps l'école autrichienne, car elle fournit un cadre d'analyse général de l'action humaine. Nous verrons ensuite une facette particulière de l'action humaine négligée par cette tradition, la créativité technique, que nous inscrirons cependant à l'intérieur des principes méthodologiques autrichiens.

3.1 L'école économique autrichienne (ou théorie des processus de marché)⁴⁹

Le premier corpus théorique autour duquel s'articule notre alternative est l'école autrichienne d'économie, aussi connue sous le vocable de "théorie des processus de marché". L'école autrichienne est généralement reconnue, avec l'école de Lausanne et l'école de Cambridge, comme l'une des branches fondatrices de la mouvance néo-classique moderne, mais elle se distingue désormais de ce courant à plusieurs égards. Elle remonte aux Principes d'économie politique de Carl Menger, publiés pour la première fois en 1871. Les idées maîtresses de Menger seront ensuite reprises par divers économistes d'origine autrichienne, certains se réclamant explicitement de cette école (notamment Eugen von Böhm-Bawerk, Ludwig von Mises et Friedrich Hayek), d'autres laissant parfois transparaître l'influence de ce courant dans leurs travaux (Friedrich Von Wieser, Joseph Schumpeter, Gottfried Haberler, Fritz Machlup, Oscar Morgenstern et Paul Rosenstein-Rodan). Les principaux représentants de cette école migreront éventuellement vers les États-Unis où ils feront quelques disciples, les plus connus étant sans doute Israel Kirzner et Murray Rothbard. La tradition autrichienne contemporaine est, comme toute école de pensée, en proie à certains schismes. On peut ainsi distinguer les tenants de la praxéologie de Ludwig von Mises, ceux du processus de marché tel qu'élaboré par Friedrich Hayek et les adeptes de l'ultra-

⁴⁹ Pour des introductions plus détaillées à ce paradigme, voir notamment Boettke (1994), Littlechild (1986) et O'Driscoll et Rizzo (1996).

subjectivisme de Ludwig Lachman (Boettke, 1994; Rothbard, 1995), ce qui fait dire à certains auteurs que l'on devrait parler de tradition plutôt que d'école autrichienne (Sommer, 1989). Longtemps marginalisé, ce courant de pensée connaît depuis quelques années un regain d'intérêt auprès de certains économistes souhaitant aller au-delà des limites de l'approche dominante dans leur discipline (Arrow, 1994; Audretsch, 1995; DeBresson, 1996; Hendrickx, 1995) et commence même à susciter l'intérêt de praticiens de l'analyse régionale (Hite, 1995; Rees, 1992; Sommer, 1989).

Malgré certaines divergences, la plupart des tenants de la tradition autrichienne partagent six caractéristiques: 1) l'individualisme méthodologique; 2) le subjectivisme; 3) le temps réel; 4) l'entrepreneurship; 5) l'universalité des lois économiques; 6) le rôle de la théorie en tant que précurseur essentiel de l'étude empirique.⁵⁰ Ce dernier point mérite selon nous d'être examiné d'entrée de jeu. Au risque de simplifier, les autrichiens sont très méfiants face aux démarches purement inductives, car ils soutiennent qu'aucune démarche qualitative ou quantitative n'échappe aux préconceptions du chercheur. L'analyste doit donc spécifier d'entrée de jeu ses présupposés théoriques, ce que nous ferons en examinant plus en détail les autres postulats méthodologiques des autrichiens et en esquissant brièvement le processus de marché tel qu'il est compris dans cette tradition. Nous soulignerons certaines carences de cette approche pour notre problématique, que nous comblerons ensuite par une analyse de la créativité technique et du changement institutionnel.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'école autrichienne est la troisième branche fondatrice de l'approche néo-classique en économie et repose donc sur l'individualisme méthodologique, i.e. que tout énoncé sur des groupes est réductible à des énoncés concernant le comportement des individus composant ces groupes et à leurs interactions. La science économique doit donc être fondée sur l'action humaine individuelle et intentionnée cherchant à répondre à des besoins et exclure une approche en termes de mobiles collectifs. L'individualisme méthodologique autrichien n'est toutefois pas aussi "atomiste" que celui de la majorité des économistes contemporains, car il ne constitue que le point de départ de l'étude de la concurrence, de la coopération

⁵⁰ Il est entendu que certaines de ces caractéristiques sont présentes dans plusieurs autres traditions intellectuelles, que ce soit en philosophie, en géographie, en anthropologie, etc. Nous croyons toutefois que la combinaison de celles-ci dans un seul cadre théorique est ce qui fait la particularité de cette école de pensée. Nous ne resituerons donc pas chacune de ces facettes dans un cadre plus large afin de ne pas alourdir le texte.

sociale et des institutions. On postule donc que les individus sont "subjectivement (intérieurement) mûs par des intentions singulières les amenant à agir, et ensuite qu'il est possible par l'observation de comprendre cette signification subjective donnée aux actions" (Laurent 1994: 49), mais que "les ensembles sociaux constituent le cadre nécessaire dans lequel se développent les actions humaines et par lesquels elles sont influencées et rendues possibles" (p. 50). Selon l'économiste Ludwig von Mises, "la controverse pour établir la priorité logique du tout ou de ses membres est vaine. Logiquement, les notions de tout et parties sont corrélatives" (cité par Laurent, 1994: 46). L'individualisme méthodologique autrichien n'exclut donc pas l'étude des réseaux ou des arrangements sociaux, bien au contraire, mais l'action individuelle y est toujours vue comme le fondement indispensable de l'action collective. Un spécialiste du management a bien résumé cette façon d'envisager l'analyse sociétale: "Les individus travaillent pour des firmes et une bonne partie de leur valeur pour leurs employeurs découle de leur appartenance à un réseau, mais cette appartenance est fondamentalement une affaire personnelle allant au-delà des frontières de l'entreprise et même de la loyauté envers les entreprises" (MacDonald, 1992: 55, notre traduction).

La seconde caractéristique commune à tous les autrichiens est le subjectivisme (ou subjectivisme méthodologique), ce qui revient en fait à dire que chaque individu a des valeurs, des préférences, des besoins et des désirs qui lui sont propres. L'expérience individuelle est donc le seul fondement de la connaissance factuelle et les buts de l'action humaine ne sont pas basés sur des "faits objectifs", mais sur les perceptions de chaque acteur. On ne peut donc définir objectivement les "prix" et les "coûts" afin d'adopter une approche quantitative pour comparer la valeur économique des biens. Le subjectivisme autrichien est également une approche épistémologique qui admet le caractère fondamentalement créateur et autonome des choix humains. L'esprit humain est donc libre, dans la mesure du moins où ce qu'un être humain pense et décide n'est pas rigidement déterminé par des forces lui étant extérieures, même si chaque être humain est évidemment influencé par ses proches, ses collègues de travail, le climat d'opinion, la publicité, etc.

Les tenants de l'école autrichienne insistent abondamment sur le temps réel (par opposition à une vision linéaire) qui est une conception dynamique de l'activité économique. Contrairement au cadre conceptuel de la plupart des économistes où le temps est inexistant ou n'est conçu qu'en termes statiques, les autrichiens perçoivent le

temps comme un flux apportant avec lui des éléments de nouveauté et des "surprises". Au fur et à mesure qu'un individu accroît son expérience, ses perspectives et ses perceptions du marché évoluent. Mais comme ce que chaque être humain fait dépend des actions des autres, il lui est absolument impossible de prévoir exactement les conséquences de ses actions ou des décisions des autres. Chaque décision prise dans un univers de temps réel implique un contexte de connaissance imparfaite à la fois de la totalité de l'information disponible et de ses conséquences, et de l'interdépendance des actions individuelles résulte des effets non anticipés. Les conséquences résultant de l'action humaine ne sont donc pas toujours celles désirées par les acteurs, car ces derniers opèrent dans le temps réel avec une connaissance incomplète (et parfois erronée) de tous les aspects d'une situation. Nombre de ces conséquences non anticipées nécessitent alors des correctifs. Le marché est dès lors imparfait, mais il faut l'envisager comme un processus continu d'essais, d'erreurs et d'améliorations. On peut donc comprendre l'activité économique et identifier des tendances et des récurrences (*patterns of outcome*), mais on ne peut faire de prédictions précises basées sur les actions passées.

Finalement, l'entrepreneurship joue un rôle fondamental dans tous les écrits de la tradition autrichienne. L'entrepreneur "autrichien" n'est toutefois pas un *homo economicus* omniscient et parfaitement rationnel maximisant continuellement son utilité. Il est plutôt un *homo agens* cherchant à obtenir une plus grande satisfaction personnelle en inventant son avenir de multiples façons à l'aide de sa capacité d'agir et de son imagination. L'approche autrichienne met donc l'emphase sur les processus du marché plutôt que sur un concept comme l'équilibre général. Elle est basée sur certains postulats simples jugés irréfutables à partir desquels on déduit un ensemble de conclusions jugées universellement valides. Nous allons donc maintenant décrire (très sommairement) ces processus tels qu'on les retrouve dans toutes les situations d'échange volontaire.

3.2 Une description sommaire du processus de marché

Le processus de marché dans la tradition autrichienne est vu comme la somme des interactions (compétition et coopération) entre les individus. Le fondement de l'action humaine est d'amoindrir un sentiment de malaise et de substituer une situation plus satisfaisante à une situation moins satisfaisante selon le point de vue de chaque

individu. Le processus de marché dépend de la décision de chaque individu d'agir ou de ne pas agir et n'a donc rien d'automatique ou de mécanique.

Bien que la valeur de toute chose dépend ultimement de la perception de chaque individu, les êtres humains vivent dans un monde caractérisé par la rareté des ressources utiles. Si l'action humaine implique toujours l'utilisation de moyens pour atteindre un but, chaque action implique obligatoirement de renoncer à quelque chose. Le but ultime du processus de marché n'est donc pas de produire la plus grande quantité d'un bien ou d'un service, mais la combinaison de produits et services de différentes quantité et qualité la plus satisfaisante. La principale action que font les individus pour arriver à cette fin est l'échange volontaire, mais celui-ci n'impliquera pas nécessairement une compensation financière immédiate. Chaque échange volontaire est vu comme mutuellement bénéfique du point de vue de l'acteur, car les individus n'échangeraient pas les uns avec les autres si chacun n'en obtenait pas une satisfaction accrue. (Deux enfants échangeant une banane et une pomme dans une cour d'école ne le font ultimement que parce que chacun en retire une plus grande satisfaction. Il est donc faux de dire que la "valeur" de la banane est identique à celle de la pomme aux yeux du détenteur de la pomme, car l'échange n'aurait alors pas eu lieu.) Le processus de marché dans l'optique autrichienne ne traite donc pas ultimement de biens et de services, mais de la signification des actions humaines.

Une autre caractéristique intéressante de l'approche autrichienne est que l'on y distingue les institutions pragmatiques résultant d'un processus intentionnel entre agents économiques visant à homogénéiser les systèmes d'interactions dans un but aisément identifiable par tous (comme par exemple l'établissement d'un standard officiel) et les institutions organiques (comme par exemple l'émergence du langage) qui sont le résultat inattendu de décisions séparées d'agents poursuivant leur propre intérêt. On trouve donc des institutions organiques similaires dans toutes les sociétés humaines où l'échange et la division du travail sont un peu développés. Les institutions organiques les plus évidentes en géographie économique sont sans doute les villes et les districts industriels, car personne n'en planifie d'entrée de jeu la formation, mais on en trouve dans toutes les périodes de l'histoire de l'humanité et dans toutes les régions un peu prospère.

La concurrence dans un marché implique quotidiennement un processus d'apprentissage et de coordination d'informations à la fois multiples, incomplètes et surtout dispersées entre des millions d'individus. Le principal moyen par lequel cette information est transmise est le système des prix guidant le choix entre les alternatives s'offrant aux individus. Le système des prix, et son corollaire indispensable du profit ou de la perte, est donc indispensable pour coordonner les plans de millions d'individus. Le système des prix ne contient toutefois pas toute l'information indispensable au bon fonctionnement d'une économie de marché, car certains types de connaissances, comme le savoir-faire et les circonstances particulières du lieu et du temps, sont tacites plutôt qu'explicites (nous traiterons de cette question plus en détail au chapitre 5).

L'approche autrichienne est évidemment bien plus riche et complexe que ce que notre bref aperçu laisse entrevoir. Elle n'est toutefois pas sans lacune. Le reproche qu'on lui adresse le plus fréquemment porte sur la nature de son subjectivisme, que l'on juge fondé sur une analyse psychologique discutable du comportement des agents et faisant plus appel à l'intime conviction du lecteur qu'à une démonstration scientifique. Les problèmes les plus sérieux de ce cadre théorique pour notre démarche se situent toutefois au niveau du peu d'intérêt manifesté par la plupart des autrichiens pour l'analyse de la créativité individuelle⁵¹ et des comportements organisationnels.⁵² Nous avons donc cru utile de compléter ce cadre théorique en introduisant une analyse plus détaillée de la création technique. Nous aborderons au chapitre suivant quelques notions importantes pour l'analyse des comportements organisationnels.

3.3 L'analyse de la création technique

Comme nous l'avons souligné précédemment, le cadre analytique hérité de Schumpeter (1939) ne fait aucune place à l'acte créatif ou à la créativité technique, si ce n'est de rappeler que l'innovation résulte d'une combinaison. Les disciples de Schumpeter ne sont toutefois pas les seuls à avoir fait peu de cas du phénomène, car bien que l'histoire des inventions en tant que champ d'investigation remonte au moins au quinzième siècle (Molella, 1989) et que l'on ait abondamment étudié le processus créatif chez les scientifiques, les poètes et les musiciens, très peu d'auteurs ont véritablement essayé

⁵¹ L'une des rares exceptions est Fritz Machlup (1962). Nous devons également souligner que l'approche de Hendrickx (1995), essayant d'intégrer la problématique du transfert de technologie à l'approche autrichienne, constitue un précédent à notre démarche.

⁵² On note toutefois que les choses commencent à changer dans ce domaine (Langlois et Foss, 1999).

de conceptualiser la création technique. On explique parfois le peu d'intérêt manifesté par les chercheurs dans ce domaine par sa connotation commerciale, donc moralement suspecte, et par son caractère "appliqué et pratique" plutôt que "pur et théorique" (Rosenberg, 1994: 156). D'autres auteurs insistent davantage sur le fait que les techniciens et les ingénieurs sont souvent liés par le secret professionnel ou tout simplement moins portés à communiquer leurs trouvailles ou leurs façons de faire que les scientifiques et les artistes (Parayil, 1991; Smith, 1982). Certains analystes remarquent également que, contrairement aux musiciens, aux poètes et aux scientifiques, l'immense majorité des ingénieurs et des techniciens ne décrivent pratiquement jamais par écrit leur façon de travailler, ce qui ne facilite évidemment pas la démarche du chercheur en sciences sociales (Fores, 1979b; Parayil, 1991; Petroski, 1992).⁵³ Le peu d'intérêt manifesté pour la création technique est d'autant plus regrettable que la technique est bien plus ancienne que la science et la communication écrite (Dasgupta, 1996; DeGregori, 1985).⁵⁴ Il est toutefois entendu que pour certains auteurs, tels Hadamard (1945), Koestler (1969), Simon (1977) et Usher (1966), l'invention technique n'est qu'un cas de l'invention en général - scientifique, littéraire, artistique ou mathématique - mobilisant des conditions psychologiques identiques, une position que nous partageons.

Bien que l'innovation technique ait été l'enfant pauvre des analystes de la créativité humaine, on trouve néanmoins un certain nombre d'auteurs qui ont étudié le phénomène en détail. On peut ainsi remonter aux contributions de Samuel Smiles (1869), Gabriel de Tarde (1890) et Abbot Payson Usher (1929). Le triomphe du behaviorisme en Amérique reléguera toutefois la créativité humaine à une "boîte noire" qui ne sera rouverte qu'au cours des dernières décennies (De Bresson, 1996: 61-65). L'analyse de la créativité technique occupe aujourd'hui un éventail allant d'analyses essentiellement psychologiques (Weber, 1992; Dasgupta, 1996) à celles issues du courant de la "construction sociale des inventions" (Bijker, Hughes et Pinch, 1987; Bijker

⁵³ Cette explication nous semble particulièrement plausible, dans la mesure du moins où les oeuvres de techniciens de grand talent ayant produit une documentation considérable, tels que Thomas Edison et Léonard de Vinci, sont abondamment étudiées.

⁵⁴ Les plus anciens outils dont nous ayons retrouvé la trace ont été créés il y a plus de deux millions et demi d'années, soit bien avant que l'Homo Sapiens n'apparaisse sur terre (Dasgupta, 1996; DeGregori, 1985; De la Cal, Hawthorne, Owen et Robinson, 1999). Dasgupta souligne également que la technique est bien plus ancienne que l'art rupestre, bien qu'il nous paraisse pour le moins douteux que cette forme d'art ait une longévité particulièrement élevée hors des régions désertiques.

et Law, 1992).⁵⁵ Il n'est toutefois pas dans notre intention de passer en revue toutes les facettes de cette littérature, mais bien plutôt de faire ressortir les caractéristiques de la créativité technique les plus pertinentes pour comprendre comment l'individu créateur travaillant dans le contexte d'une entreprise et / ou de sa région peut bénéficier de la diversité économique environnante.

3.4 Quelques récurrences dans la création technique

On peut distinguer trois approches pour aborder la création technique. On relève à un extrême la vision des "transcendantalistes", selon qui l'invention résulte de l'inspiration d'un génie créatif, et à l'autre celles des "mécanistes" pour qui la nécessité fait que les inventions sont inévitables, indépendamment de l'apport d'un individu. L'approche dominante cherche toutefois à faire la "synthèse cumulative des connaissances" (Usher, 1966: 60). Selon Bonin et Desranleau (1988: 57), les tenants de ce courant font jouer à l'individu un rôle important, car il est directement engagé dans la résolution de problèmes spécifiques, mais lorsque l'étincelle créatrice se produit, c'est qu'il y a eu synthèse de connaissances préalablement développées par d'autres individus.

Comme nous l'avons souligné dans le chapitre précédent, toute innovation technique s'inscrit dans la foulée de techniques et savoir-faire antérieurs. Il faut donc souvent plusieurs années, voire des décennies ou même parfois des siècles, avant qu'une idée ne devienne un produit commercialement viable. Identifier le véritable progéniteur d'une innovation n'est dès lors jamais aisé, car toute contribution novatrice s'inscrit généralement dans le sillage du travail de plusieurs autres individus allant du premier concepteur ayant eu une vague idée à un inventeur ayant synthétisé un nouveau matériau dans le but de résoudre un problème complètement différent. La technique actuelle est en ce sens l'héritage légué par plusieurs centaines de générations d'être humains. Jewkes et al. (1969: 25) résumant bien ce point de vue:

What is *the* inventor in any particular case? Which of the long line of thinkers and manipulators, each of whom has added something to the final appearance of a useful thing, should take the palm? When Carothers heated chemicals together in a test tube and discovered nylon, was it the original inventor of fire or the inventor of the bunsen burner or Carothers himself who gave this particular ball the biggest push? Where, as often happens, men working independently of each other appear to have reached

⁵⁵ Pour un échange assez vigoureux entre les tenants de ces diverses approches, voir notamment le volume 32, numéro 2 (1991) du périodique Technology and Culture.

the same ideas at about the same time, what tests of priority can be applied? And, an even more difficult question which the persons actually concerned might often be at trouble to answer, how can the real originator of an idea be picked out from among a group of men who have been working closely together for a period?

Une analyse de l'innovation technique basée sur la créativité individuelle, contrairement à la mythification de génies inventifs hors du commun, est toutefois valable dans la mesure où l'innovation requiert toujours l'imagination humaine comme principal facteur causal. Comme le remarquent Jewkes et al. (1969: 81), d'une certaine façon tout inventeur est un inventeur indépendant, car tous les cerveaux humains fonctionnent indépendamment les uns des autres. Que plusieurs individus créatifs collaborent simultanément ou non à la mise au point d'un produit ou d'un procédé commercialisable n'enlèvent rien au fait que chacun d'entre eux le fait à partir de son imagination. Chaque individu apporte une contribution qui au bout du compte donnera un produit ou un procédé rentable pour son fabricant. Il est donc erroné de penser qu'une équipe, une entreprise ou un milieu géographique a des idées ou une conscience propre. Robert J. Weber (1992: 256, notre traduction) tire de ce constat une conclusion que nous adopterons pour le reste de ce travail: "Presque toutes les inventions importantes sont le produit de multiples esprits. Cependant, une fois que l'on extrait les principes sous-jacents à chaque développement, il est possible de les incorporer dans un cerveau particulier".

On peut donc mieux comprendre la dynamique de l'innovation technique s'il l'on saisit adéquatement les principaux processus de la créativité humaine. S'il n'y a pas encore de théorie sur le sujet faisant l'unanimité, plusieurs auteurs s'entendent néanmoins sur la récurrence de certains phénomènes dans la créativité technique. Nous en avons retenu six nous semblant particulièrement pertinents pour notre problématique: 1) les innovations techniques sont provoquées par la recherche de solutions à des problèmes particuliers; 2) il y a toujours plusieurs façons d'aborder un problème; 3) les individus envisagent diverses solutions à partir de leur savoir-faire préalable, de l'observation de leur environnement (milieu naturel, artefacts, actions d'autres individus) et des ressources disponibles (humaines, matérielles et financières); 4) l'innovation technique procède par essais et erreurs; 5) les créations techniques résultent de la combinaison de choses déjà existantes; 6) il n'y a jamais de solution définitive à un problème technique, seulement des améliorations moins problématiques que la situation initiale.

Nous allons maintenant aborder ces étapes plus en détail. La troisième fera cependant l'objet d'un traitement plus détaillé en raison de son importance évidente pour notre problématique.

3.4.1 La résolution de problème

Le philosophe Thomas Hobbes a qualifié avec raison la vie de nos ancêtres de brève, difficile et brutale. Ces derniers étaient donc confrontés à toute une série de problèmes, que ce soit pour se nourrir, s'abriter des éléments, se soigner, améliorer leur apparence, tromper leur ennui, etc. La résolution de ces problèmes, qui inclut également selon nous la création de beauté (au moyen notamment de l'expression orale et de la transformation de la matière), a occupé d'innombrables esprits inventifs depuis des temps immémoriaux. Le point de départ d'un innovateur technique est donc presque toujours son insatisfaction face au fonctionnement d'un objet ou d'un procédé. Petroski (1992: 22, notre traduction) résume bien cette problématique en écrivant que "la forme des artefacts est toujours sujette à changement pour répondre à leurs insuffisances réelles ou perçues, à leur incapacité à fonctionner convenablement. Ce principe gouverne toutes les inventions, innovations et améliorations. Il est la motivation de tous les inventeurs, innovateurs et ingénieurs". Paquette (1995: 31) écrit de même que "la première fois qu'une idée d'invention germe dans notre esprit, c'est rarement le fait du hasard. La plupart du temps, nous souhaitons répondre à un besoin réel que nous éprouvons ou régler un problème auquel nous sommes régulièrement confrontés".

On peut évidemment essayer d'élaborer davantage sur les types de problèmes techniques à résoudre. Weber (1992: 16) établit ainsi une distinction entre certaines innovations répondant à un besoin ou une nécessité fonctionnelle (*need driven*) et d'autres qui sont motivées par le besoin d'améliorer un produit ne répondant pas aux attentes de l'utilisateur (*device driven*). Cette typologie nous semble toutefois peu utile, dans la mesure du moins où la première catégorie englobe sans doute fréquemment la seconde. Nadler (1982: 1.3.4) propose une approche plus intéressante en identifiant les quatre principaux types de situations problématiques auxquelles sont confrontés les techniciens: 1) améliorer un système existant, que ce soit en réduisant sa taille, son poids ou son coût, ou par une amélioration de son rendement ou de son apparence; 2) diagnostiquer et résoudre une situation problématique, comme par exemple un mauvais fonctionnement ou la cause d'un accident; 3) développer un nouveau système ou une

combinaison d'objets, d'information, de ressources humaines et d'énergie pour obtenir un résultat souhaité; 4) développer un nouvel usage pour des objets, de l'information ou des systèmes existants. Von Hippel et Tyre (1996: 316) nous rappellent également que si un problème peut être l'incapacité d'une machine à faire ce pour quoi elle a été conçue, il peut aussi s'agir d'une insatisfaction de l'utilisateur avec une machine fournissant les résultats prévus par les concepteurs.

Chaque produit ou procédé présente donc des lacunes, que ce soit au niveau de son design, de la qualité de sa fabrication, de sa consommation en énergie, de sa demande en intrants, de sa rentabilité, de son esthétisme, etc. Que l'innovateur soit motivé par la curiosité, l'altruisme, la nécessité, la reconnaissance professionnelle ou l'appât du gain ne change rien au point de départ de sa démarche.

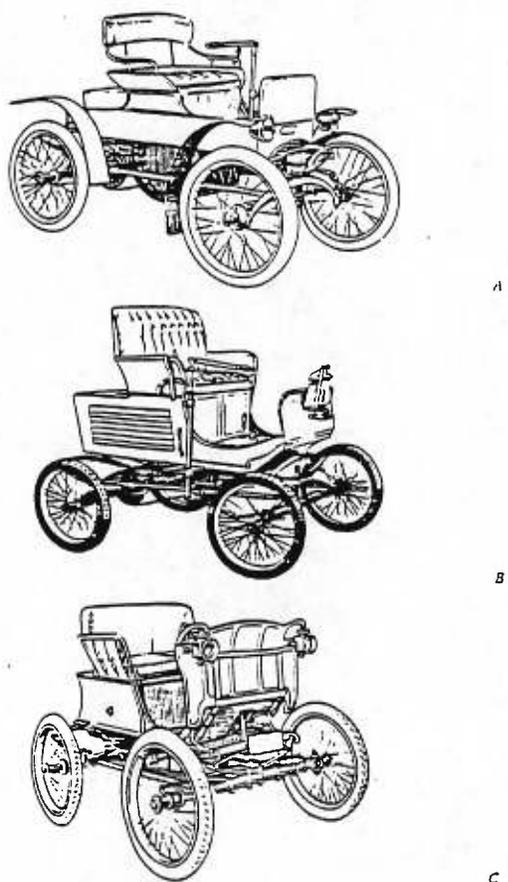
3.4.2 La multiplicité des approches

Contrairement aux problèmes mathématiques pour lesquels on peut généralement identifier une solution unique, il y a toujours plusieurs façons de résoudre les problèmes techniques, chaque approche présentant diverses combinaisons de matériaux, d'outils et de procédés. Certaines embarcations sont fabriquées à partir de roseaux, tandis que d'autres le sont à partir de bois, d'écorce, de peaux de bêtes, de fibre de verre ou d'alliages divers. Certains ponts sont en bois, d'autres en pierre, en acier ou en béton, mais il est également possible d'éviter un obstacle en construisant un tunnel ou en le contournant. On peut fabriquer des contenants pour la nourriture en utilisant de la paille, du bois, de l'argile, du verre, divers minerais, de l'aluminium, du plastique ou une combinaison de ces matériaux. L'archéologue James Mellaart (1967: 216) fait ainsi des remarques intéressantes sur l'émergence des récipients de terre cuite en soulignant qu'ils présentèrent longtemps des désavantages importants face aux contenants de bois, notamment parce qu'ils étaient beaucoup plus lourds, difficiles à transporter et à chauffer, en plus d'avoir une apparence rébarbative.

On observe évidemment le même phénomène pour tous les outils et les procédés. La machine à vapeur tarda ainsi à s'imposer au dix-neuvième siècle, car des améliorations successives aux turbines hydrauliques rendirent ces dernières compétitives jusque vers 1870 dans certains cas (Mokyr, 1990: 90; Rosenberg, 1994: 175). Il en alla de même des navires à vapeur face aux navires à voile (Sahal, 1981: 79). Wilson Greatbatch, l'inventeur du stimulateur cardiaque, chercha au début des années soixante-dix une

alternative à la pile au mercure qui supportait mal les conditions extrêmes (chaleur et humidité absolues) de l'intérieur du corps humain. Il testa toute une série d'alternatives allant des piles rechargeables aux piles biologiques en passant par les piles nucléaires et au lithium avant de finalement développer un prototype basé sur l'iode (Brown, 1988: 32). Les concepteurs d'automobiles du début du siècle avaient de même à faire un choix entre trois alternatives - l'électricité, la vapeur et l'essence - pour mouvoir un véhicule, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients (figure 7).

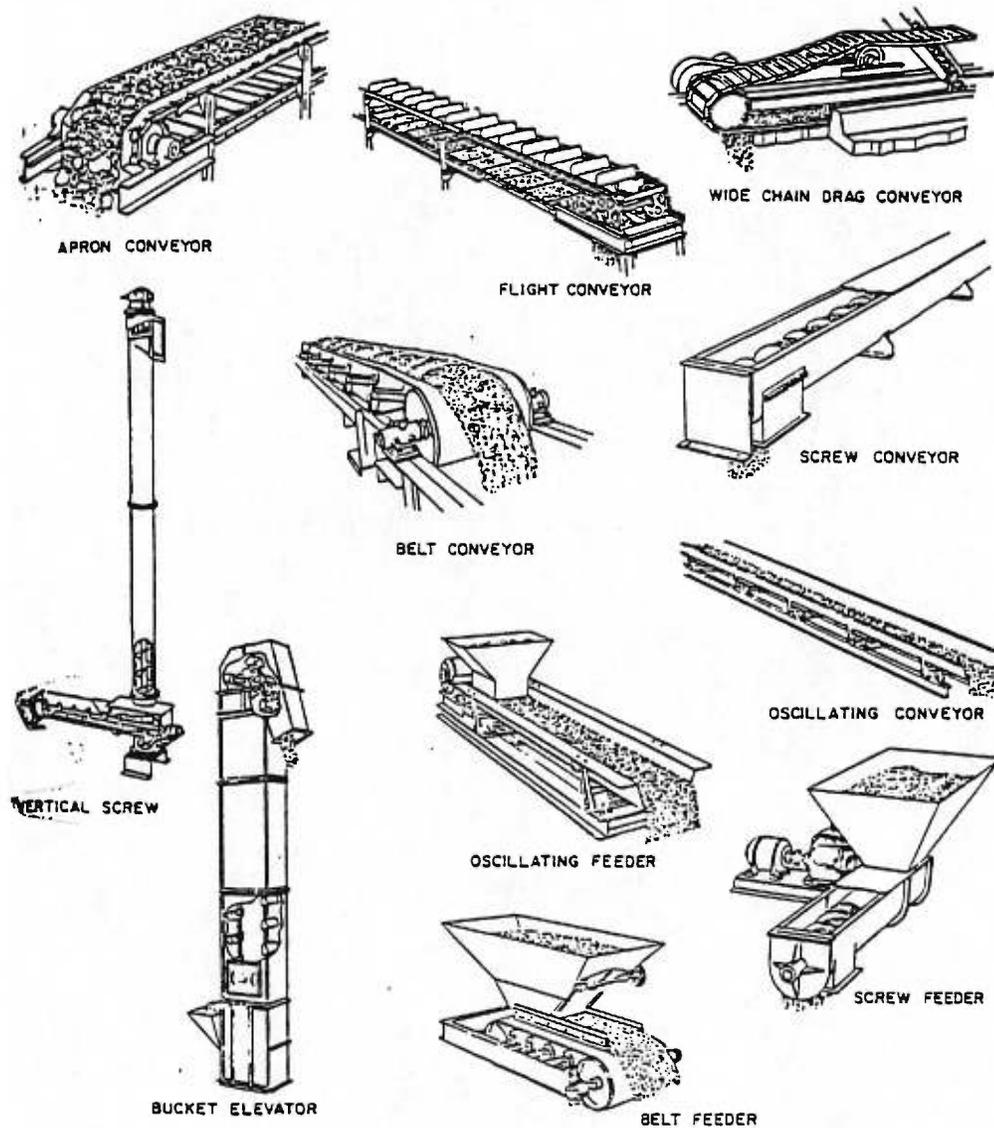
Figure 7
Véhicules à essence, vapeur et électricité



Three American automobiles dating from the late 1890s. These automobiles are remarkably similar in appearance yet their powerplants differed radically: A. Baker electric; B. Stanley Mobile steamer powered by a two-cylinder steam engine; C. Autocar powered by a two-cylinder internal combustion engine. Source: Albert L. Lewis and Walter A. Musciano, *Automobiles of the world* (New York, 1977), pp. 82, 85, 78. Courtesy The Conde Nast Publications, Inc.

Une autre façon d'illustrer les alternatives au niveau des procédés de fabrication est de faire une brève nomenclature des nombreuses façons de transporter de la marchandise en vrac (figure 8).

Figure 8
Convoyeurs pour marchandise en vrac



Source: Salvendy (1982: 10.3.7).

Dans une économie de marché, le critère ultime de sélection et de succès d'un produit ou d'un procédé sera toujours économique plutôt que technique ou scientifique. Construire un pont en titane plutôt qu'en acier est peut-être une meilleure solution technique, mais il s'agit bien sûr d'une option beaucoup trop onéreuse pour être commercialement viable. On ne peut donc aborder le processus d'innovation technique en faisant fi des processus de marché et de la rareté relative des ressources qui mènent habituellement à choisir une solution "satisfaisante" plutôt "qu'optimale".

3.4.3 L'innovation technique en tant que processus d'essais et d'erreurs

Les problèmes techniques, particulièrement dans les domaines de pointe, comportent généralement un très grand nombre de variables dont la pertinence et les relations ne sont pas toujours évidentes, de même qu'un certain nombre d'inconnus techniques et scientifiques (Rosenberg, 1994; Von Hippel et Tyre, 1996). Parce que la technique devance souvent la compréhension théorique, les techniciens ne disposent ordinairement d'aucune théorie scientifique pour guider leur démarche et doivent conséquemment travailler avec plusieurs alternatives n'étant pas comparables à l'aide de méthodes quantitatives. De plus, contrairement aux scientifiques, les techniciens ne peuvent faire de simplifications théoriques pour résoudre leurs problèmes. Plusieurs auteurs soutiennent donc que la technique est conceptuellement plus proche de l'art que de la science, non seulement parce qu'elle implique comme l'art une forte composante de design, mais également la manipulation de matériaux imparfaits à une échelle beaucoup plus grande que la science (MacKenzie et Spinardi, 1995; Petroski, 1996; Smith, 1982).

Il est donc généralement impossible d'identifier d'entrée de jeu une solution optimale dans le contexte de la création technique, ce qui force le recours à un processus d'essais et d'erreurs. L'innovateur doit alors se fier à son intuition et mener une série de tests avant de sélectionner une approche ou un matériau. Comme dans toute démarche de ce genre, les mouvements ou les processus ne menant pas à une amélioration tendent à s'estomper, tandis que ceux conduisant à un certain succès deviennent plus fréquents, plus perfectionnés et plus exacts (loi empirique de l'effet). Schroeder et al. (1989: 127) soulignent toutefois que les créateurs doivent répondre à trois critères pour qu'un processus de correction d'erreurs donne de bons résultats: 1) connaître le but qu'ils souhaitent atteindre; 2) être capable de distinguer les questions essentielles

(*substantive issues*) des questions secondaires (*noise*); 3) se sentir libre de communiquer leur connaissance des erreurs ou problèmes aux individus appropriés.

Un processus d'essais et d'erreurs recèle généralement un grand nombre de résultats inattendus pouvant être intéressants ou déconcertants, selon la perspective ou l'interprétation de l'expérimentateur. Un chercheur spécialisé dans la mise au point de diamants synthétiques décrit ainsi son expérience dans un laboratoire de General Electric.

About a year and a half later, after hundreds of experiments and grinding tests, we found a process that produced a well-bonded mass of sintered diamond. We were held back some because the analysis of an experiment took a few days. We had to determine whether a change in experimental conditions increased hardness or toughness, and this had to be measured by some sort of a severe grinding test that took several days to schedule and perform. In the absence of current immediate test results we could make blind foray experiments in which we tried something different, just to keep going, and hope that a particular blind experiment would lead to a mini-breakthrough in a slightly different, useful direction. Our motto was "Make mistakes as fast as possible, but don't make the same mistake twice." Over all this activity hung the awareness that to climb the highest hill, you have to know when you are on it; the hill you are currently climbing, though difficult, may not be the highest one. So we tried all the hills in sight, that is, all the possible processes we could think of. Viewed from the goal end, the route seems almost obvious, but viewed from the starting end, it is just one of myriad of routes that may lead anywhere or nowhere (Wentorf, 1992: 162).

Rosenberg (1994: 131) mentionne une approche similaire chez un concepteur japonais de magnétoscopes où l'on aurait développé une dizaine de prototypes différents afin de pouvoir identifier *a posteriori* la moins mauvaise solution. James Watt dût également travailler près de dix années avant de mettre au point le premier prototype véritablement fonctionnel de la machine à vapeur et ce n'est "qu'une fois qu'il eut essayé toutes les alternatives possibles" qu'il en sélectionna une (Jewkes et al., 1969: 41, notre traduction).

Bien que le créateur technique, surtout s'il a une formation académique, utilise souvent des connaissances scientifiques ou des méthodes statistiques, ces éléments ne sont que très rarement jugés plus importants que le savoir-faire dans un processus d'essais

et d'erreurs.⁵⁶ Weber et Perkins (1992: 321) relèvent ainsi dans un échantillon d'inventeurs ayant une formation scientifique que dans la plupart des cas, les méthodes formelles ne font au mieux que guider (*inform*) la démarche créatrice en indiquant certaines conditions limites et en fournissant des lignes de conduite grossières. Ces auteurs soulignent également que la majorité du temps d'un inventeur n'est pas passée à concevoir ou à manipuler des théories, mais des artefacts. La chance et les méthodes formelles jouent parfois un rôle important, mais elles ne sont que rarement primordiales, du moins selon l'ingénieur Ove Arup, qui souligne l'importance de l'imagination, de l'intuition et des choix délibérés (Fores, 1979b: 858):

La tâche des techniciens est également compliquée par les rétroactions généralement beaucoup plus grandes en technique qu'en science. Un producteur ne sera ainsi jamais totalement au fait des modifications que certains usagers feront dans le contexte d'utilisation de sa machine ou de son procédé (Von Hippel et Tyre, 1996). Les innovateurs ne travaillent donc pas dans un environnement stable et par le fait même prévisible, mais toujours dans un monde en constante évolution sur lequel ils n'ont le plus souvent aucun contrôle, contrairement aux scientifiques dans leurs laboratoires. Dans un tel contexte, le tout est ordinairement bien plus complexe que la somme des parties. Comme le remarque Staudenmaier (1985: 107, notre traduction), "aucune technologie n'est jamais parfaitement comprise, même une fois qu'elle ait été mise en pratique de façon routinière".

La multiplicité des approches et l'incertitude caractéristiques de l'innovation technique amène donc Rosenberg (1994: 93, notre traduction) à conclure que l'innovation technique ne peut être planifiée: "Aucun individu, ou groupe d'individus, n'est suffisamment ingénieux pour planifier à l'avance le résultat d'un processus de recherche où l'on identifierait une cible technique particulière et où l'on suivrait une route prédéterminée pour atteindre cet objectif". Le développement technique n'est donc pas une carte routière que l'on lit afin de trouver le meilleur chemin pour atteindre un monument historique, mais un processus générant plusieurs nouvelles connaissances et informations qui modifient constamment la problématique de départ.

⁵⁶ Voir notamment Ferguson (1977; 1992), Fores (1979a; 1979b; 1981; 1982), Petroski (1992, 1995, 1996) et Smith (1982).

3.4.4 L'innovation en tant que résultat d'une combinaison

La racine étymologique du verbe latin *cogito* (penser) renvoie à "brasser / mélanger ensemble" et celle de *intelligo* à "choisir parmi" (Koestler, 1969). Le Petit Robert définit le verbe innover par "introduire quelque chose de nouveau, d'encore inconnu, dans une chose établie". Koestler (1969) souligne donc à l'aide de maints exemples que l'acte créatif de l'artiste, du technicien, du scientifique ou même de bon nombre d'espèces animales, n'est pas un acte de création au sens de l'Ancien Testament où quelque chose surgit du néant. L'acte créatif consiste plutôt à découvrir, choisir, recomposer, combiner et synthétiser des artefacts, des idées, des habiletés et des savoirs existants, comme le notait d'ailleurs Charles Babbage (1835: 260) plus d'un siècle auparavant. L'historien des techniques A. P. Usher (1966) relève que la principale caractéristique de l'invention est l'assimilation d'éléments préexistants en de nouvelles synthèses, de nouvelles configurations comportementales, de nouveaux processus et que, de ce fait, l'invention établit des relations qui n'existaient pas préalablement. L'économiste Clarence E. Ayres (1943: 113) écrit que l'histoire de tous les matériaux est la même et qu'il s'agit toujours "de nouvelles combinaisons d'objets et de matériaux existant de telle façon qu'ils constituent un nouvel objet ou un nouveau matériau ou les deux".⁵⁷ Hudson (1978: 110) ajoute que si les innovations résultent de combinaisons, elles impliquent souvent la transposition de connaissances d'un ancien contexte à un nouveau.

Les êtres humains ne sont évidemment pas les seuls êtres vivants à utiliser des objets à des fins particulières. Une loutre de mer se sert d'un caillou pour briser des mollusques, un chimpanzé d'un brin d'herbe pour extraire des fourmis d'une fourmilière, un dauphin d'un oursin pour déloger une anguille d'une anfractuosité, etc. Ces espèces se contentent toutefois d'utiliser un objet déjà existant dans un nouveau contexte, ce que certains auteurs qualifient de *naturefacts*⁵⁸ ou encore de *nonce tools*.⁵⁹ D'autres

⁵⁷ "The history of every material is the same. It is one of novel combinations of existing devices and materials in such a fashion as to constitute a new device or a new material or both."

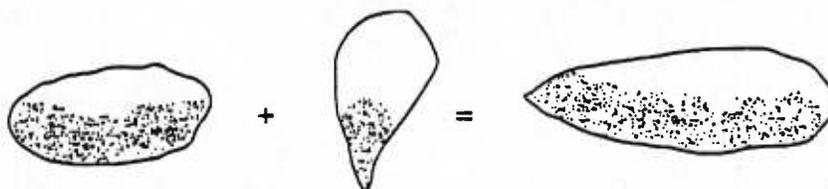
⁵⁸ Certains auteurs anglophones établissent une distinction utile entre les *naturefacts* et les *artifacts* (DeGregori, 1985). Nous ne connaissons toutefois pas d'équivalents français.

⁵⁹ Bunch et Hellemans (1994: 1) relatent ainsi les observations de la spécialiste des primates Jane Goodall: "Over more than 30 years of studying chimpanzees, Goodall noted many instances when the apes made similar termite-snaring tools during "termite season." Often the tools were manufactured hundreds of yards from, and well out of sight of, the termite nests, showing that the toolmaking was not just a nonce activity, even though the tools themselves were nonce tools (intended to be used once and discarded). Goodall also observed chimpanzees making "sponges" from leaves for use in drinking water from a stream, another example of toolmaking."

espèces animales, tel le castor combinant des arbres et de la boue pour construire un barrage et la plupart des espèces d'oiseaux combinant de la paille et de la boue pour construire leur nid, s'approchent davantage du principe combinatoire pour créer des artefacts (Bunch et Hellemans, 1994; Koestler, 1969; Weber, 1992). Il est toutefois évident que les humains sont dans une classe à part pour ce qui est de combiner des choses existantes afin de créer des nouveautés.

L'importance de la combinaison de choses différentes dans l'acte créatif est évidente dans certains néologismes que nous avons abordés plus tôt: mécatronique, électrotechnique, optoélectronique, audiovisuel, etc. En fait, l'examen d'artefacts illustre clairement l'importance de l'acte combinatoire depuis au moins la période paléolithique (figure 9).

Figure 9
Combinaisons d'outils paléolithiques



Stone scrapper and stone borer, joined to produce a complex tool, the pointed blade.

Source: Weber (1992: 117).

L'économiste Thomas DeGregori, l'un des rares praticiens de sa discipline ayant une connaissance détaillée de la littérature anthropologique, établit un constat similaire pour certains artefacts néolithiques.

Artifacts of complicated forms were wrought in bone antler and ivory by a combination of sawing, splitting, grinding and polishing. By now, tools were not only used to make implements in the sense of end products, such as meat knives or spears, but many tools were made which were tool-making tools... Just as earlier different ways of making tools were combined to make better tools, new tools were created as composite tools or as combination of existing tools. The use of those new tools involved the application of new principles of mechanic and power... The invention of the bow brought additional capabilities... the bow was the first means of concentrating muscular energy for the propulsion of an arrow, but it was

soon discovered that it also provided a mean of twirling a stick, and this led to the invention of the rotary drill (DeGregori, 1985: 18).⁶⁰

Reiter (1992) suggère d'illustrer le principe combinatoire à l'aide d'une simple recette culinaire. Bien qu'il soit typiquement impossible de reconstruire la séquence exacte des événements ayant mené à la création d'une recette, nous savons néanmoins que le premier usage connu du minerai de fer a été de servir de pigments pour les tissus tandis que celui de la terre cuite a été la fabrication de petites figurines (Smith, 1982). Le feu a sans doute été un moyen de chauffer les humains avant de leur servir à cuire leur nourriture. Plusieurs essais et combinaisons d'aliments et de méthodes de cuisson ont été expérimentées avant d'aboutir à l'éventail des cuisines contemporaines. Un simple repas est donc le résultat d'innombrables combinaisons et de nouvelles applications de produits et de techniques n'ayant pas été développés à l'origine dans le but de nourrir des êtres humains. Aucun auteur sérieux ne conteste donc le fait que l'innovation résulte d'une combinaison, même s'il n'y a toutefois pas à notre connaissance de théories vraiment dominantes sur le sujet. Nous aborderons plus en détail cet aspect de la créativité humaine dans notre traitement de la combinaison de techniques.

3.4.5 *L'absence de solutions définitives*

Comme nous l'avons mentionné plus tôt, il ne peut et ne pourra jamais y avoir de solutions techniques définitives, car une nouvelle technique est toujours un compromis entre les intrants disponibles et certaines caractéristiques recherchées par l'innovateur et les consommateurs. Comme le remarque DeGregori (1985: 5), l'expérience nous enseigne que lorsque nous parvenons à résoudre un problème technique, nous en créons typiquement un nouveau. Rosenberg (1976: 28) nous rappelle toutefois qu'un nouveau problème ne signifie pas nécessairement une externalité négative (bruit, pollution, etc.), car il peut par exemple s'agir de l'incapacité d'un fournisseur à répondre à la demande accrue d'une entreprise venant de mettre au point une nouvelle technique de production.

Le progrès technique ne peut donc être envisagé en termes de solutions finales, définitives et optimales, mais bien plutôt par la création de problèmes moins sérieux que ceux que nous parvenons à résoudre. Le progrès technique durera donc aussi

⁶⁰ Certains archéologues inversent toutefois la relation entre l'arc et la perceuse rotative (Mc Neil, 1996: 9), mais les processus demeurent les mêmes dans les deux scénarios.

longtemps que la race humaine, car outre le fait qu'il ne pourra jamais y avoir de technique parfaite, notre conception même de la perfection évolue constamment. De plus, la nature essentiellement combinatoire des avancées techniques implique que la possibilité de nouvelles combinaisons augmente de façon exponentielle. Pour paraphraser Malthus, on peut dire que les possibilités de nouvelles techniques augmentent de façon géométrique même si le nombre d'idées fondamentales n'augmente que de façon arithmétique.

3.5 Sur la recherche de solutions pour résoudre un problème technique

Nous allons maintenant voir comment les individus créatifs envisagent diverses alternatives pour résoudre leurs problèmes. Nous avons cru bon d'insister davantage sur cet aspect, car il est le plus pertinent pour notre problématique. Nous verrons donc plus en détail le rôle du savoir-faire préalable; de l'observation plus ou moins systématique du milieu naturel, des artefacts et des actions d'autres individus; des interactions avec d'autres individus; et de la disponibilité des ressources matérielles, financières et humaines. Nous avons encore une fois identifié un certain nombre de récurrences dans les approches, mais le lecteur doit garder à l'esprit que l'on trouve plusieurs théories concurrentes et que cette synthèse nous est personnelle.

3.5.1. De l'importance des acquis préalables

Le premier constat que l'on peut faire est un qu'un technicien puise toujours abondamment dans son expérience accumulée - i.e., un ensemble de faits, de théories, d'hypothèses, de lois, de règles, de paradigmes et une certaine vision du monde (Dasgupta, 1996: 150) - lorsqu'il tente de résoudre un problème inédit (Carlson et Gorman, 1992; Sternberg et Frensch, 1993). Schroeder et al. (1989: 131) font ainsi quelques remarques intéressantes sur l'innovation technique dans le cadre d'une entreprise.

As work proceeds on the ideas over time, setbacks and surprises are encountered... Although some setbacks are treated as aborted dead ends to certain paths in the innovation process, more often they are terminated as incomplete or not-immediately useful ideas or components for progressing with the innovation at that point in time. These terminated ideas or components are often stored away in memory or placed on the "shelf" for possible subsequent use. For an ongoing organization that undertakes multiple innovations over time, these terminated ideas or components become a rich store-house of knowledge and materials for use in unforeseen ways in subsequent innovations. Indeed, in one of the organizations that houses one of the innovation cases, an internal study found that the average

shelf-life of incomplete innovative ideas or materials was nearly ten years, and most often those embryonic ideas were incorporated in totally unforeseen and unpredictable ways in subsequent commercially successful innovations. As Alexander Gray... stated, "No point of view, once expressed, ever seems wholly to die... our ears are full of the whisperings of dead men." As the innovation develops further, convergent linkages are established by integrating different component paths of the innovation, as well as by overlapping the old and the new (Schroeder et al., 1989: 131).

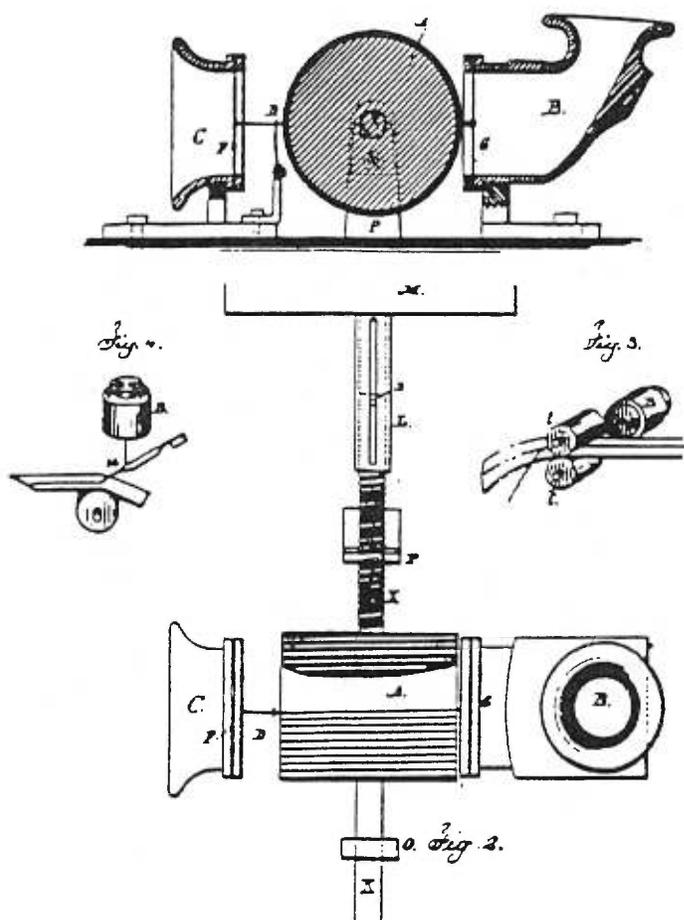
L'inventeur Jacob Rabinow illustre ce processus en relatant que son agent de brevets lui demanda à la fin des années 1950 de concevoir un système simple et peu coûteux par lequel un voyant lumineux s'allumerait pour laisser voir les appels téléphoniques en attente. Après avoir songé un moment au problème, Rabinow se rappela un principe qu'il avait observé en démontant un jouet alors qu'il n'était âgé que de onze ans (Brown, 1988: 204).

Il n'y a toutefois rien d'automatique dans le transfert du savoir-faire préalable à une nouvelle situation, car les mécanismes à l'oeuvre (encodage, emmagasinage et recouvrement) sont complexes. Le transfert de connaissances antérieures à un nouveau contexte dépend, selon Sternberg et Frensch (1993: 26), de quatre mécanismes: 1) le codage préalable de l'information; 2) l'organisation de l'information; 3) la discrimination de l'encodeur (l'information est-elle jugée pertinente ou non?); 4) l'état d'esprit (*mental set*) de l'acteur. Nous ne nous attarderons toutefois pas sur ces mécanismes, car ils relèvent davantage des caractéristiques individuelles que de l'impact de la diversité économique locale. On peut néanmoins illustrer l'importance des acquis préalables en soulignant, à l'instar de Crevoisier (1993: 129), que "le savoir-faire se constitue et évolue par réorientations successives, mais jamais à partir de rien". Samuel Morse puisa ainsi abondamment dans sa formation et son matériel d'artiste pour concevoir le premier prototype fonctionnel de son télégraphe qu'il monta sur son chevalet de peintre (Ferguson, 1992). Thomas Edison affectionnait particulièrement la forme cylindrique pour aborder de nouveaux problèmes.⁶¹ Son kinétoscope - l'ancêtre du projecteur cinématographique - aurait découlé en droite ligne de son phonographe

⁶¹ Weisberg (1988: 166) attribue le phénomène à trois emplois occupés par Edison dans sa jeunesse: son travail d'opérateur dans les bureaux du télégraphe où l'on trouvait des engins mécaniques utilisant des cylindres, un emploi dans une imprimerie contenant des presses rotatives et un autre dans une fabrique de machines-outils où plusieurs appareils renfermaient des cylindres. Carlson et Gorman (1992: 52) remarquent également qu'Edison aura abondamment recours à d'autres mécanismes (stylets, relais polarisés et "double-action sprawl") avec lesquels il s'était familiarisé dans sa jeunesse.

(figure 10), du moins au niveau du design (essieu et cylindre auxquels il avait ajouté un dispositif pour décoder une "spirale" d'information), le premier appareil étant muni de sillons sonores, le second d'un dispositif pour projeter des images (West, 1991). Son expérience dans le développement de la télégraphie lui fut également très utile pour la mise au point du téléphone (Gorman et Carlson, 1992).

Figure 10
Le phonographe de Thomas Edison



Sources: Weber (1992: 152)

L'historien des techniques Eugene Ferguson (1992) illustre le phénomène de façon particulièrement percutante à l'aide du plan d'une station orbitale proposée à la NASA en 1961 par des ingénieurs de la compagnie *Goodyear Tire Corp.* Comme on s'en doute, l'idée maîtresse des ingénieurs de la compagnie pneumatique était de gonfler la station une fois qu'elle aurait été mise en orbite (figure 11)!

Figure 11
Station orbitale proposée par la Goodyear Tire Corp., 1961



Source: Ferguson (1992: 22).

Il est toutefois entendu que l'expérience utile des individus dépasse le seul contexte du travail. On peut illustrer le processus à partir du cas de Gregory Berman, un physicien à l'emploi du *Jet Propulsion Laboratory* doublé d'un passionné de recherche biblique qui était chargé de trouver de nouvelles applications pour les techniques d'imagerie de la NASA. Il participa à titre personnel à une conférence sur les manuscrits de la Mer morte où il entendit un conférencier décrire les problèmes de lisibilité des parchemins. Berman était particulièrement aux aguets lors de cette conférence⁶² et il suggéra aussitôt l'utilisation des techniques de la NASA pour résoudre le problème, ce qui donna d'excellents résultats (Tyson, 1995). Laurens (1990) documente également bon nombre de télescopages art - technique dans la région Midi-Pyrénées en décrivant les cas d'individus ayant une "double vie". C'est ainsi qu'un ingénieur et danseur, Jean-Marc Santos, ne peut "penser l'un sans l'autre et [est] l'un des premiers à associer robot et danseur, langage informatique et langage chorégraphique" (p. 20). Il en va de même d'individus tour à tour ingénieur informaticien et pianiste, sculpteur et techniciens à l'INRA, danseur et plongeur océanologue, etc.

Certaines situations contiennent toutefois des aspects inédits ou de nouvelles complexités ne pouvant être résolues par les méthodes utilisées préalablement par un individu. Le savoir-faire antérieur peut dès lors devenir dommageable, car l'inertie de la routine et les schèmes de pensée acquis au fil de nombreuses années de pratique

⁶² Comme le souligne l'auteur de l'article: "He had technology transfer on the brain."

peuvent amoindrir la capacité à envisager un problème sous un nouvel angle.⁶³ Le phénomène ne touche pas que des individus n'ayant aucune aptitude pour l'innovation technique, mais également les plus grands inventeurs. Watt et Boulton considéraient ainsi l'idée d'une locomotive à vapeur comme le fruit d'une déficience mentale. Edison combattit énergiquement l'usage du courant alternatif. Marconi ne comprit jamais réellement le potentiel de la téléphonie sans fil (Jewkes et al., 1969: 115-6). Le prix Nobel de physique Robert Milliken déclara en 1923 qu'il n'y avait aucune chance que les hommes puissent un jour exploiter le pouvoir de l'atome, des propos qu'avaient tenus quelques années plus tôt un autre prix Nobel, Ernest Rutherford. Lee de Forest, un pionnier américain de la radio, déclara en 1926 que bien que le concept de télévision soit théoriquement possible, ses chances de succès commercial était nulles (Ray, 1990: 156). Cutcliffe et Reynolds (1997: 18) soulignent que les premiers gestionnaires des systèmes téléphoniques étaient essentiellement issus de la télégraphie et qu'ils se montrèrent très réticents à ouvrir ce nouveau domaine à des "fins frivoles" comme les conversations amicales. Les premiers informaticiens considéraient généralement que ces puissants calculateurs n'auraient que quelques applications scientifiques et militaires et qu'une dizaine d'entre eux suffiraient à servir le marché américain. L'un de ces pionniers, Howard Aiken, est passé à la postérité parce qu'il affirma en 1956 que si la logique de base d'une machine conçue pour résoudre des équations différentielles coïncidait avec la logique d'une machine destinée à faire la comptabilité d'un grand magasin, il considérerait cela comme la "coïncidence la plus étonnante" qu'il ait jamais rencontrée (cité par Flichy, 1995: 184).

L'une des principales leçons de l'histoire des techniques est donc que des gens aux prises avec un problème particulier trouveront toujours un usage tout à fait inattendu aux yeux des concepteurs d'une innovation. Audretsch (1995: 54-6), Basalla (1988: 141-3) et Rosenberg (1996) dressent une longue liste de cas où des experts réputés rejetèrent du revers de la main certaines nouveautés prétextant qu'elles étaient sans intérêt commercial. On peut expliquer cette "myopie" des experts par un certain nombre de facteurs. Rosenberg (1986: 23-29) souligne qu'un expert n'examine généralement un problème qu'à partir d'un certain nombre de variables avec lesquelles il est très familier. Il est donc toujours porté à suivre une certaine trajectoire, à améliorer ses méthodes de travail et à leur trouver de nouveaux usages. Il est pourtant désavantagé lorsque vient

⁶³ Voir notamment Audretsch (1995: 54, 174ss), Jewkes et al. (1969: 96-8), Rosenberg (1986) et Starbuck (1996).

le temps de développer de nouvelles techniques basées sur des principes différents ou encore d'apprécier leur importance. Les fabricants de calèches jouèrent ainsi un rôle négligeable dans le développement des automobiles, de même que les fabricants de locomotives à vapeur dans le développement des locomotives au diesel. Rosenberg (1996) croit également que la myopie des experts sera toujours omniprésente pour deux autres raisons: 1) la plupart des innovations techniques apparaissent sous une forme primitive qui est ensuite modifiée par tout un ensemble d'innovations incrémentales, ce qui rend les versions améliorées adaptables en des circonstances où elles ne l'étaient pas auparavant; 2) la réutilisation des savoir-faire dépendra souvent d'innovations dans des secteurs complémentaires (l'utilisation du laser dans les télécommunications n'a ainsi été rendue possible que par des améliorations continues dans le domaine des fibres optiques).

West (1991: 201) soutient donc qu'un amateur peut avoir un avantage sur un expert, car il est souvent plus important d'avoir une vision, d'y donner suite en prenant des risques et en commettant des erreurs qu'aucun spécialiste ne ferait sans savoir d'avance pourquoi quelque chose ne fonctionnera jamais ou ne suscitera pas d'intérêt commercial. Il y a donc une limite aux associations routinières que nous faisons quotidiennement et quasi inconsciemment pour résoudre nos problèmes. L'un des principaux mécanismes par lequel un individu envisagera une nouvelle façon d'aborder un problème est le transfert (ou raisonnement) analogique à partir d'une observation qu'il fera après avoir identifié un problème.⁶⁴

3.5.2 *Transfert analogique et innovation*

L'une des principales caractéristiques des individus créatifs en situation de blocage est d'utiliser le transfert analogique dans la recherche de nouvelles solutions, bien qu'il n'y ait pas encore de consensus sur l'importance véritable du phénomène et que la définition du concept varie souvent d'un auteur à l'autre.⁶⁵ On définit ordinairement une

⁶⁴ Il est toutefois entendu que l'emprunt analogique est également important dans le recouvrement de l'expérience antérieure. Nous n'avons toutefois pas voulu entrer dans ces détails en raison des controverses dans le domaine, notamment en ce qui a trait au rôle de la mémoire et de celui de l'observation dans la résolution de problèmes.

⁶⁵ Les recherches liées au raisonnement par analogie connaissent un regain d'intérêt depuis la fin des années 1970. La littérature spécialisée introduit le concept d'analogie dans au moins quatre types d'activités cognitives: "comprendre par analogie", "raisonner par analogie", "résoudre un problème par analogie" et "apprendre par analogie" (Richard et alii, 1990). Une distinction conceptuelle aussi poussée ne nous semble cependant pas nécessaire dans le cadre de cette recherche. Pour un examen plus approfondi de la

analogie comme une ressemblance établie par l'imagination entre deux ou plusieurs objets de pensée essentiellement différent. La résolution de problèmes par analogie consiste à utiliser la structure de la solution à un problème pour guider la solution d'un autre problème. Bon nombre d'innovations résultent donc de la ressemblance établie par l'imagination entre deux ou plusieurs objets essentiellement différents et au transfert d'un principe quelconque d'un contexte à un autre. Il est toutefois entendu que le transfert en question peut être bon, mauvais ou sans grande conséquence.

Flowers et Garbin (1989) soulignent le faible nombre d'études liant la création technique, la pensée et la perception visuelle. Il est toutefois logique de croire, à l'instar de Henry Ford, que "les machines sont pour le mécanicien ce que les livres sont pour les écrivains", car "il y trouve des idées, et s'il est doué de quelque intelligence, il les met en oeuvre" (cité par Poissant et Godefroy, 1985: 41). Robert Fulton aurait ainsi remarqué qu'à l'instar du poète au milieu des lettres de l'alphabet, le technicien devrait s'asseoir au milieu des leviers, des écrous, des coins et des roues afin de les considérer comme "l'expression de ses pensées à partir desquelles une nouvelle combinaison transmettra une nouvelle idée au monde" (cité par Carlson et Gorman, 1992: 52). Des analogies peuvent être trouvées entre des entités ayant différents degrés de similarité. Certaines seront très proches l'une de l'autre, tandis que d'autres toucheront des phénomènes très différents. Comme nous allons maintenant le constater, certaines seront dérivées de l'observation du milieu naturel, d'autres de créations humaines.

Analogies tirées de l'observation de l'environnement

Les êtres humains ne sont qu'une composante parmi d'autres du "milieu naturel", mais le corps humain, à l'instar de la plupart des organismes naturels, est une "mécanique" remarquablement complexe. Il est donc normal qu'après une observation distraite ou approfondie, plusieurs individus inventifs s'en soient inspirés pour développer certaines techniques. Alexander Graham Bell puisa ainsi dans sa connaissance de l'oreille humaine pour concevoir le téléphone (Carlson et Gorman, 1992: 59). Des chercheurs contemporains développent des circuits optiques calqués sur le comportement rétinien

question, voir notamment Flowers et Garbin (1989), Glynn et al. (1989), Glover et al. (1989), Gruber et Davis (1988), Heydenbluth et Hesse (1996), Holland et al. (1993), Keane (1988), Koestler (1965), Pye (1964), Sternberg (1988), Vogler (1995), Weisberg (1988) et West (1991). Certains auteurs ou inventeurs, suivant en cela les enseignements du docteur Edward de Bono, emploient plutôt l'expression de "pensée latérale" pour décrire le phénomène (Brown, 1988: 11).

(OCDE, 1993: 31), tandis que le principe d'un stimulateur cardiaque est basé sur le fonctionnement du coeur humain (Brown, 1988).

Il n'est toutefois pas exagéré d'écrire que l'observation et l'analyse de la physiologie et des modes de fonctionnement développés par d'autres espèces comme mécanismes d'adaptation ont été encore plus importants à travers l'histoire. Il nous semble ainsi plausible de croire que le filet fut inspiré de l'observation de toiles d'araignées. Le philosophe grec Démocrite soutient de son côté que le tissage, la construction de maisons et le chant ont été découverts lorsque les humains ont imité et sont devenus les étudiants d'autres animaux (Cooper, 1991: 850). Selon Samuel Smiles, une légende voudrait que la scie ait été inventé par Talus, le neveu de Dédale, qui se serait inspiré de la forme des dents d'un serpent dont il se servait pour diviser des morceaux de bois (Smiles, 1863: 164). Le moine Hugues de Saint-Victor, l'auteur du principal manuel de techniques du XIIe siècle, remarque que: "celui qui bâtit une maison tient compte de la forme des montagnes [car] le sommet d'une montagne n'offre pas d'endroit où l'eau s'arrête; de même pour qu'une maison détourne sûrement la pluie qui se précipite dessus, il faut lui donner une certaine hauteur" (Klemm, 1966: 50). Paul MacCready, l'inventeur du *Gossamer Condor* (un avion à propulsion humaine), s'est inspiré du vol des condors et de la sortie de l'eau de certains oiseaux aquatiques pour concevoir son appareil. Un inventeur de robots microscopiques, Peter Will, s'est inspiré de la forme et du mode de déplacement de micro-organismes pour concevoir ses micro-machines (Hively, 1998). Des édifices zimbabwéens incorporent des principes de ventilation tirés de l'observation de termitières (Grant, 1997).

Certains encarts publicitaires sont également révélateurs. Une publicité de DuPont nous apprend que certains chercheurs étudient diverses toiles d'araignées pour concevoir de nouveaux polymères, tandis que leurs collègues de *Phillips Petroleum* se sont inspirés d'une tortue pour concevoir un nouveau type de seringue. Un feuillet publicitaire de Sperry Top-Sider nous révèle que l'inventeur de la semelle à rainures incrustées l'a conçue après avoir constaté que son chien dérapait très peu sur la glace en raison de la forme particulière de la paume de ses pattes.⁶⁶

⁶⁶ L'encart publicitaire de DuPont a notamment été publié dans le numéro de juillet 1996 de Scientific American, celui de Phillips Petroleum dans le numéro du premier mars 1997 de The Economist tandis qu'un dépliant de Sperry Top-Sider relate l'invention de la semelle antidérapante.

Dans un ouvrage récent (et sans grand intérêt au-delà de certaines anecdotes), Janine Benyus (1997) utilise le néologisme *biomimicry* pour décrire le phénomène. Ce que l'ouvrage de Benyus et la centaine d'anecdotes que nous avons amassées révèlent toutefois, c'est que l'adaptation directe de "l'ingénierie naturelle" est souvent problématique, car il est évidemment impossible d'interagir avec une araignée ou un condor pour apprendre à fabriquer un matériau ou pour se faire enseigner les subtilités du vol plané. Un innovateur ne peut donc qu'observer et essayer de comprendre les matériaux et les processus à l'oeuvre, le plus souvent sans même avoir accès à des matériaux similaires.⁶⁷ L'inventeur suisse George de Mestral dût ainsi travailler à la conception du velcro plusieurs années après avoir observé comment certaines teignes s'accrochaient à ses vêtements. Bien qu'il en ait compris le mécanisme assez rapidement, il ne put concevoir de prototypes fonctionnels avant l'invention de certaines fibres synthétiques (Petroski, 1996: 78-80; Weber, 1992: 158).

Analogies tirées de l'observation d'artefacts

Si certaines analogies fructueuses ont été tirées de l'observation de la nature, plusieurs autres l'ont toutefois été de machines et de dispositifs conçus par l'homme. Si l'on considère, à l'instar de Petroski (1992), que chaque individu observe au moins 20 000 objets produits par des êtres humains dans sa vie, il est plus que probable que l'importance des analogies tirées de l'observation d'artefacts est depuis longtemps prépondérante. On peut fournir quelques illustrations. Léonard de Vinci s'inspira de l'arche triangulaire, un concept courant dans l'architecture des bâtiments de son époque, pour concevoir un nouveau type d'écluse (West, 1991: 146). Samuel Colt conçut l'idée du revolver en contemplant le gouvernail d'un bateau, car quel que soit l'angle de la barre, une poignée s'y trouve toujours à portée de la main (Segrelles et Cunillera, 1977: 30). L'ingénieur britannique Robert Stephenson combina trois techniques bien distinctes pour concevoir le pont Britannia: la chaîne de suspension, le tablier de bois et l'usage de plaques rivetées en fer forgé (Dasgupta, 1996: 101). Un encart publicitaire du fabricant de montres Rolex nous assure de l'étanchéité de sa gamme *Oyster*, car leurs remontoirs

⁶⁷ Il est toutefois entendu que ce dernier phénomène est tout à fait fréquent dans l'histoire des techniques, qu'il s'agisse d'inventions basées sur l'observation d'objets naturels ou artificiels (Jewkes et al., 1969: 100; Rosenberg, 1976: 199-200; Weber et Perkins, 1992: 110). Selon Smiles (1863: 170): "There is also such a thing as inventions being born before their time. The advanced mind of one generation projecting that which cannot be executed for want of the requisite means; but in due process of time, when mechanism has got abreast of the original idea, it is at length carried out; and thus it is that modern inventors are enabled to effect many objects which their predecessors had tried in vain to accomplish."

fonctionnent comme un sas de sous-marin. Les designers d'un concurrent, Audemars Piguet, se sont quant à eux inspirés de la forme elliptique du Colisée romain pour concevoir leur modèle *Millenary* (figure 12).

Figure 12
Transfert analogique dans le domaine des montres

Cela fonctionne dans un sous-marin; cela fonctionne tout aussi bien dans une Rolex.



Toutes les montres Rolex Oyster sont complètement étanches, car elles possèdent un remontoir Twinlock à double protection ou Triplock qui se ferme contre le boîtier, à la manière d'un sas de sous-marin.



OYSTER PERPETUAL SUBMARINER

AP
AUDEMARS PIGUET
The master watchmakers

“OUR AIM IS TO CREATE THE FINEST WATCHES IN THE WORLD.”

Jean-Claude Audemars, Edmond-Louis Piguet, 1875.



Source: Encart publicitaire Rolex, Le Devoir, 3 janvier 1997; Encart publicitaire Audemars Piguet, The Economist, 15 novembre 1997.

Les analogies tirées de l'observation d'artefacts ne sont évidemment pas limitées qu'aux seuls objets utilitaires, comme l'illustre par exemple l'anecdote suivante tirée d'un manuel de pensée créatrice soviétique.

Steel is poured into converters, huge metal crucibles with an inside lining (facing) made of heat-resistant brick. Every 7 to 10 days the facing burns out, works has to stop, the converter has to cool off, the lining has to be broken out and renewed. The idea arose of changing the crucible of the converter altogether. But the converter is as high as an eight-story house; it is too complicated to wheel out the crucible on rollers and then put a new one in. What can be done? The inventor V. Gorelov, a Candidate of Technological Sciences, pondered long over this problem. The problem could not be solved and many "void" trials were carried out. Until one day... "I couldn't avoid buying a toy for my daughter," Gorelov related, "and so wandering with a distracted air through the store I fancied some Russian nesting dolls, lined up prettily behind the "mama," into which they would all be able to fit. They reminded me of something, but what? I went past, and then came back. I had remembered! If you were to remove the top part and turn it upside down this is a converter into which a slightly smaller body could be fitted with a lining (Altshuller, 1984: 220-1).

Analogies tirées de l'observation de l'action humaine

Tout comme les êtres humains s'inspirent de la physiologie et des comportements de certaines espèces animales, plusieurs transferts découlent non seulement de l'observation de produits, mais également de procédés. Un cas classique est attribué à Archimède qui, sommé par le tyran de Syracuse de déterminer le volume d'or d'une couronne finement ciselée, pensa d'abord à la fondre ou à la défaire en morceaux avant de finalement songer, un soir en prenant son bain, à la plonger dans un contenant rempli d'eau (Koestler, 1969). Un ingénieur soviétique relatera une anecdote remarquablement similaire plus de vingt siècles plus tard.

[Candidate of Technological Sciences A. Belotserkovsky wrote] "for the ideal liquid for the hydraulic extrusion two mutually exclusive demands have to be met: in its zone of action for preparation the liquid should be non-viscous and should transmit hydrostatic pressure well, but in the zone of sealing and friction (where the plunger enters the container) the liquid should be highly viscous with good lubricating properties. We made numerous attempts to combine such a liquid of various components, we turned to the chemical institutes, patiently studied the literature and patents but did not succeed in finding a suitable liquid. The solution came unexpectedly and at an institution most unsuited for scientific creativity, a cocktail bar. One Saturday evening we were distractedly looking at the manipulations of the lady bartender who was skillfully pouring multilayered drinks At that time a stupidly simple idea came to me: what if a "cocktail" were to be made in the

container for hydraulic extrusion too... We tried out and really it all went off excellently (Altshuller, 1984: 252).

La chaîne de montage est un autre procédé ayant fait l'objet de plusieurs transferts analogiques. La plus ancienne dont nous ayons conservé la trace était en opération dans une biscuiterie de Deptford (Grande-Bretagne) en 1804, mais le concept est probablement beaucoup plus ancien. On en trouvera par la suite dans des fabriques de machines-outils, des moulins à farine, des abattoirs, des conserveries et dans la fabrication de petites pièces de fonte appareillant les freins des wagons de chemins de fer (Klemm, 1966; Mokyr, 1990; Weber, 1992; Williams et al., 1987). Bien que nous ignorions les processus par lesquels ce procédé de fabrication fut adopté d'un secteur industriel à l'autre, nous savons toutefois comment il devint une composante essentielle de l'industrie automobile en 1913. L'historien des techniques David Hounshell remarque ainsi que dans son autobiographie, Henry Ford laisse entendre que les chaînes de démontages des grands abattoirs de Chicago servirent d'inspiration pour la production continue de ses usines. Le directeur du département des moteurs de Ford, William Klann, aurait ainsi suggéré à son surintendant P.E. Martin que "si l'on peut tuer des vaches et des cochons de cette façon, on peut assembler des automobiles de la même manière" (Hounshell, 1991: 241) (figure 13).

Figure 13
 Chaînes de démontage dans un abattoir, XIXe siècle

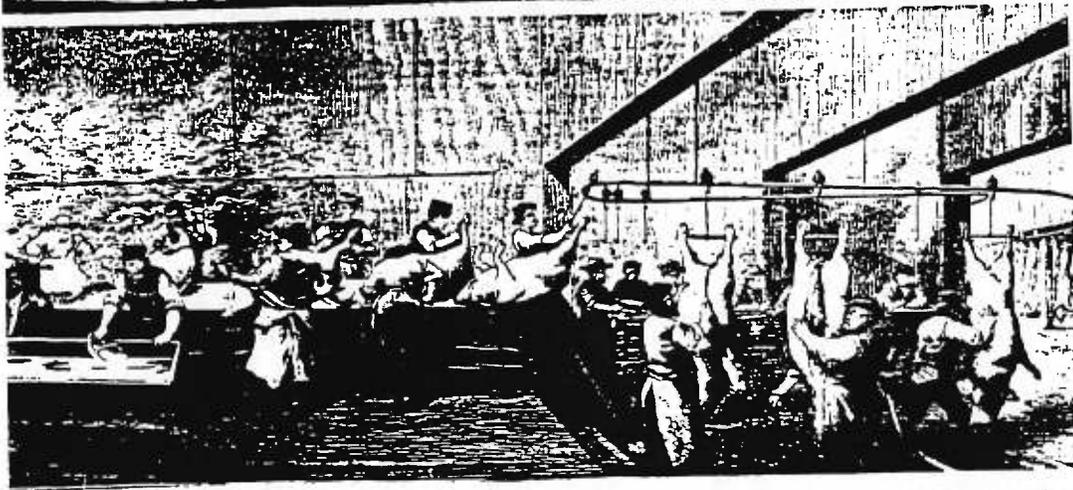
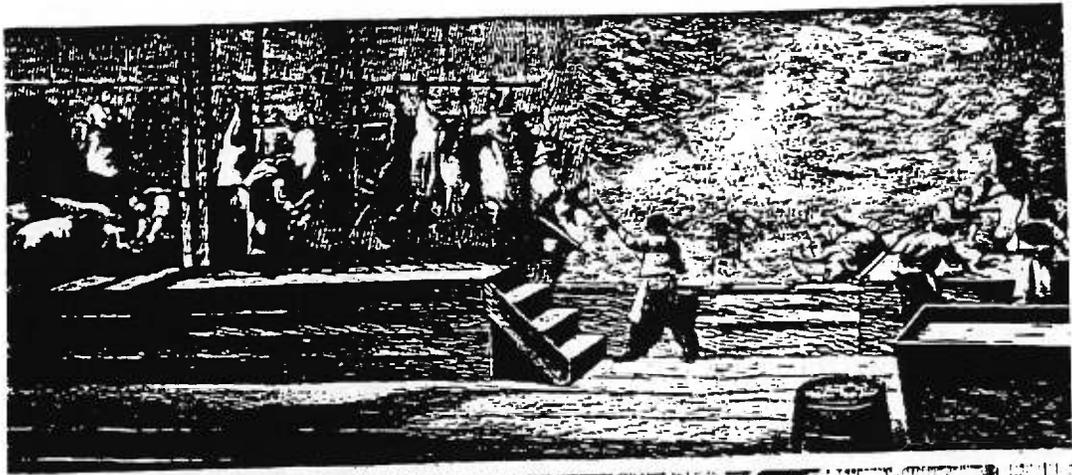
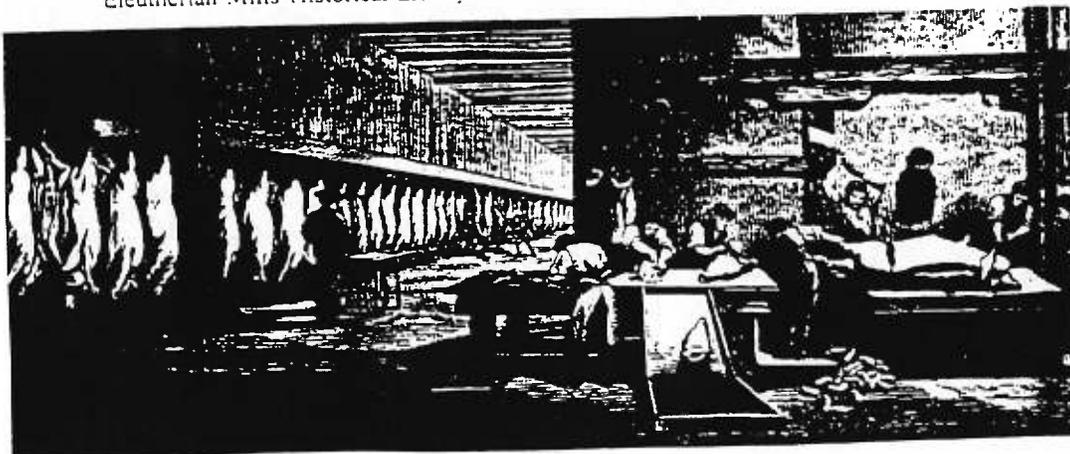


FIGURE 6.18. "Disassembly" Line, Slaughterhouse, 1873. An early example of "flow" production, slaughterhouses such as this one began first in Cincinnati and later became famous in Chicago, the "hog-butcherer of the world," in the era of Henry Ford. (*Harper's Weekly*, September 6, 1873. Eleutherian Mills Historical Library.)



Source: Hounshell (1991: 239-240).

Klann souligne également comment les employés de Ford bénéficièrent de l'expertise acquises dans les minoteries de la firme Huetteman & Cramer, ainsi que dans certaines brasseries industrielles. Hounshell (1991: 241) croit de plus que les employés de Ford s'inspirèrent de processus utilisés dans certaines conserveries. Quoi qu'il en soit, cet exemple illustre bien selon nous qu'il est plus facile de transférer des connaissances d'artefact à artefact que d'objet naturel à artefact.

3.6 Sur l'universalité du processus combinatoire

Toutes les analyses sérieuses de l'acte créatif démontrent qu'il se concrétise par la combinaison de produits, de procédés et d'idées préalablement distinctes. Le sociologue des sciences Augustine Brannigan (1981) soutient toutefois que plusieurs "découvertes", comme par exemple celle de la surface lunaire par Galilée au moyen d'un télescope, ne sont en fait que de simples énumérations. Brannigan choisit toutefois un mauvais exemple pour illustrer son propos, car il est depuis longtemps connu que Galilée n'aurait pu interpréter correctement ce qu'il voyait sans sa formation préalable en perspective (Miller, 1995). Notre analyse est cependant à l'abri de ce genre de critique, dans la mesure du moins où nous ne traitons que de nouveaux procédés ou de processus qui n'existaient pas avant l'action du créateur. Nous ne postulerons ainsi pas que nous avons "découvert" l'Alaska au cours des derniers mois, mais bien plutôt que nous avons pour la première fois foulé le sol d'un territoire habité depuis très longtemps.⁶⁸

Nous postulons donc que la combinaison de techniques est aussi ancienne que la technique, car toute innovation implique nécessairement qu'un créateur: 1) trouve un nouvel usage pour une idée, un procédé ou un produit; et / ou 2) intègre quelque chose de nouveau à une idée, un procédé ou un produit. On peut donc observer la combinaison de techniques dans toutes les périodes, zones d'occupation et cultures de l'histoire de l'humanité. Smith (1982) a effectué une compilation remarquable du phénomène en observant comment des occupations apparemment frivoles ont servi de fondements à des activités s'étant ensuite avérées cruciales pour le développement de techniques importantes. Bien qu'aucune liste exhaustive ne puisse être produite, celle de Smith nous semble toutefois suffisamment large pour valider notre propos. La première trace de culture des végétaux que nous ayons est ainsi celle de fleurs dans

⁶⁸ Pour une critique plus détaillée de la position de Brannigan, voir Mialet (1994).

certaines tombes de l'homme de Neandertal. La métallurgie a débuté par le martelage du cuivre pour fabriquer des colliers ou d'autres ornements, longtemps avant de servir à la fabrication d'objets utiles comme des couteaux et des armes en cuivre ou en bronze. La transition des ornements de cuivre aux lances et aux épées du quatrième millénaire avant Jésus-Christ aurait été similaire à celle des XVe et XVIe siècles alors que le savoir-faire développé pour produire des portes de bronze, des statues et des cloches servira de fondement à la fabrication des canons. L'alliage, la fonte et le moulage des métaux ont d'abord été utilisés en joaillerie et en sculpture. Les figurines d'argile ont précédé les pots dans la plupart des sites archéologiques du Moyen-Orient. Les pigments, la porcelaine et bien d'autres produits céramiques, le verre et l'art de la soudure ont tous contribué initialement à façonner des produits de luxe ou des ornements.

Il est de plus probable que les roues aient servi à l'origine à des fins frivoles puisque les plus anciennes découvertes se retrouvent dans des jouets ou d'autres objets d'amusement, comme ce fut le cas des premières machines hydrauliques et de plusieurs autres mécanismes ingénieux. Les tours ont servi à fabriquer des tabatières un siècle avant de servir à l'industrie lourde. La fonte de moulage a été mise au point comme produit de remplacement bon marché du fer forgé pour la fabrication de portails ornés. L'industrie chimique doit sa naissance à la nécessité de trouver divers mordants, alcalis et produits de blanchiment pour les tissus fins et le verre. La couleur et la chimie seraient indissociables, car la poudre de métal aurait été précédée par l'encre dorée, tandis que les indicateurs du chimiste et la découverte du pH viendrait directement de la palette à couleurs du peintre de miniatures. Les planches servant à la reproduction de gravures ont précédé les planches d'imprimerie. Le béton armé a d'abord servi à faire des pots à fleurs géants. Le premier usage de la galvanoplastie était de donner un fini brillant aux statuettes en métal et à faire étinceler la table de ceux qui ne pouvaient s'offrir de l'argenterie. Les prédécesseurs des machines-outils sont la perceuse rotative, le tour du potier et les moules du sculpteur. Les fusées ont d'abord été des objets d'amusement avant de servir à des fins militaires, à l'exploration de l'espace et au lancement de satellites de communication. Smith spécule même qu'il est illogique de croire que les humains auraient commencé à communiquer oralement sans avoir d'abord pris plaisir à chanter et à danser.

Jacobs (1992: 265) poursuit sur cette lancée en nous rappelant que le premier chemin de fer au monde était une attraction et que les matières plastiques ont d'abord servi à fabriquer des jouets, de petits objets de cuisine et des touches de piano. Les raquettes de tennis, les bâtons de golf et les cannes à pêche ont permis l'emploi innovateur d'agglomérés résistants et légers alliant des matières plastiques, des fibres de verre, du bore et du carbone bien avant que ces matières ne soient utilisées en lieu et place du métal dans des canalisations ainsi que dans des pièces de fuselages d'avions et de carrosseries d'automobiles. Les jeux informatiques ont précédé les ordinateurs personnels. Des années avant que la voix artificielle ne soit intégrée aux outils informatisés pour donner la température des équipements ou pour lancer des avertissements, on la retrouvait dans des jouets et des jeux.

Smith conclut de sa recherche que la nécessité n'est pas la mère de l'invention, mais qu'elle implique plutôt que l'on se serve avec opportunisme d'inventions existantes sur lesquelles on improvise des améliorations ou de nouveaux usages. Il croit qu'il faut chercher ailleurs les véritables sources de l'invention, notamment dans des motifs comme la "curiosité esthétique" (i.e. le désir de créer de la beauté). L'universalité du phénomène semble donc incontestable et est, somme toute, facile à comprendre. Parce que l'on ne s'attend pas d'activités artistiques qu'elles soient rentables, on ne leur impose pas de critères utilitaires. Une fois cependant que les créateurs sont sortis des sentiers battus, quelqu'un d'un peu plus pragmatique remarquera ces nouvelles façons de faire et trouvera une façon de les réutiliser de façon rentable dans un autre contexte.

Il y a toutefois selon nous une certaine logique dans les nouvelles applications qui est l'inverse des exigences requises dans différents secteurs. Le cas du Duralcan peut servir d'illustration. Des responsables d'Alcan achetèrent ainsi en 1986 à deux inventeurs californiens le brevet d'un nouveau composite renfermant 90% d'aluminium et 10% de particules de céramique. Ce nouveau matériau est très semblable à l'aluminium, mais il a les particularités d'être 40% plus rigide à poids égal et d'avoir une résistance à la fatigue de 10% supérieure. Son prix était toutefois en 1994 près de trois fois supérieur à celui de l'aluminium (2.00\$ US contre 0.76\$ la livre). On trouva néanmoins un premier débouché pour le nouveau matériau dans l'industrie du vélo de montagne. Ce composite attira ensuite l'attention de certains responsables de l'industrie automobile, mais ses fabricants aimeraient bien le voir éventuellement atteindre le marché aéronautique. Comme le souligne toutefois l'un des responsables de Duralcan,

le laps de temps usuel entre la conception d'un produit et son utilisation commerciale est ordinairement de cinq à sept ans pour l'industrie automobile et d'au moins dix ans dans l'industrie aéronautique (Benoit, 1994).

3.7 Limites du cadre théorique

Nous avons vu comment les processus de marché coordonnent les actions de millions d'individus qui n'entretiennent aucun rapport direct les uns avec les autres. Nous avons également illustré comment la création technique est un processus où des individus tentent de résoudre des problèmes par essais et erreurs en combinant des objets et des procédés qu'ils observent dans la nature et / ou dans la sphère économique. Il n'est d'ailleurs pas rare qu'une innovation combine chacun de ces éléments. Les frères Wright ont ainsi résolu le problème de stabilité de leur avion en combinant trois observations bien distinctes: 1) un vélo effectuant un virage serré; 2) un oiseau prenant son envolée; 3) une boîte de carton pliée dans des mains (Dasgupta, 1996: 92). La création technique est toutefois toujours subordonnée aux considérations économiques.

Nous devons cependant préciser les limites de notre démarche avant de procéder plus avant. Il est ainsi entendu que notre description des processus de marché ne peut rendre justice à la richesse de l'apport autrichien ou des critiques de cette approche. Notre analyse de la créativité technique n'aborde pas non plus toutes les facettes du processus créatif, notamment le rôle du subconscient, l'importance de la période d'incubation, l'illumination, le rôle de la pensée visuelle dans la réflexion ainsi que la capacité d'un cerveau humain à assimiler de l'information. La sélection que nous avons effectuée des facettes les plus importantes des processus de marché et de la créativité technique pourra sembler arbitraire. Nous ne les avons toutefois retenus qu'après avoir effectué une recension très large de la littérature sur ces deux thématiques.⁶⁹ Nous avons également choisi de ne référer qu'au processus créatif chez un individu, car cela n'implique en rien la mise au point d'un produit commercialisable. Un individu peut imaginer un nouveau produit et tenter en vain de le développer pendant plusieurs années. D'un autre côté, il peut très bien se joindre à un groupe de travail dans le but précis de résoudre certains problèmes particuliers sur lesquels travaillent plusieurs individus depuis nombre d'années. Il jouera peut-être par le fait même un rôle important dans la mise au point d'une intuition d'abord floue, même si son apport n'aura été que

⁶⁹ Nous aborderons d'ailleurs brièvement d'autres facettes de l'acte créatif dans notre section empirique.

ponctuel. Une telle approche est selon nous la seule façon de couvrir adéquatement les processeurs novateurs, car mettre l'emphase sur une "entreprise", les "milieux novateurs", les "réseaux" ou le "modèle japonais" masquera toujours la mobilité des individus entre les équipes de travail et les entreprises.

Notre approche s'inscrit également en faux contre la schématisation linéaire dominante établissant une distinction rigide entre "l'invention", "l'innovation" et le "développement". Nous jugeons cette catégorisation trop arbitraire pour nos fins et pensons au contraire, suivant en cela Rosenberg (1976: 66) et d'autres auteurs, que les ajustements continuels sont la principale caractéristique du processus de développement visant à transformer une idée souvent vague en un produit commercialisable. Comme le souligne Paquette (1995: 165): "Inventer un produit, ce n'est pas créer une seule invention mais un ensemble de petites inventions qui vous donneront finalement le produit qui répond aux critères que vous vous étiez fixés." L'inventeur Jacob Rabinow observe de même que les "inventions révolutionnaires" ne sont en fait qu'une suite d'innovations mineures (Brown, 1988: 198). La combinaison de techniques et de procédés a donc lieu tout au long de l'amélioration des produits et procédés et n'implique pas nécessairement un produit ou un procédé parfaitement opérationnel.

Nous devons finalement rappeler, à l'instar de Holt (1982: 1.6.2), que l'innovation nécessaire à la mise au point d'un produit commercialement viable est autant financière, organisationnelle et marchande que technique. Nous n'aborderons toutefois pas ces autres facettes trop en détail afin de nous concentrer sur la créativité technique. Nous allons maintenant tenter d'intégrer les perspectives abordées jusqu'ici afin d'identifier les principaux processus par lesquels des individus créatifs combinent des techniques et des savoir-faire dans la sphère commerciale.

CHAPITRE 4: UNE TYPOLOGIE DES PROCESSUS COMBINATOIRES

It is recorded that a skeptical MP turned up at Faraday's laboratory shortly after his discovery of electromagnetic induction and asked him in a rather supercilious tone what it was good for. Faraday is supposed to have replied: "Sir, I do not know what it is good for. But of one thing I am quite certain: someday you will tax it."

- Nathan Rosenberg. 1996. "Uncertainty and Technological Change". In Jeffrey C. Fuhrer and Jane Sneddon Little (eds.). Proceedings of the "Technology and Growth" Conference. Boston (MA): Federal Reserve Bank of Boston, Conference Series No. 40, p. 97.

Nous avons décrit dans le premier chapitre certaines lacunes de l'analyse de la diffusion intersectorielle. Nous avons vu comment toute définition d'un secteur industriel ou catégorisation d'une technique reflète forcément le biais subjectif de l'analyste ayant défini certains critères d'inclusion ou d'exclusion pour ses besoins. Comme notre analyse sommaire du processus créatif le fait toutefois clairement ressortir, la diffusion intersectorielle est inévitable indépendamment des critères retenus, car l'innovation résulte de la combinaison de différentes choses. Nous avons donc jugé plus utile de traiter des processus de combinaison de savoir-faire. Notre distinction n'est pas triviale, dans la mesure du moins où nous nous intéressons à une notion de la diversité locale qui n'est pas toujours reflétée dans les données de classification industrielle, notamment parce qu'une firme ayant une production diversifiée ne se verra attribuer qu'un code SIC ou NAICS. Nous croyons également plus pertinent d'insister sur le concept de "savoir-faire", que nous définirons plus en détail dans le prochain chapitre, que sur celui de "technique", car tous les produits, procédés et matériaux n'existent et n'ont de finalité que par l'intervention humaine.

Nous allons maintenant tenter d'intégrer les perspectives que nous avons abordées précédemment. Nous traiterons dans un premier temps de la combinaison de savoir-faire variés au sein d'une entreprise, pour ensuite examiner plus en détail la dynamique des processus de transfert et d'adaptation de connaissances entre individus oeuvrant dans des organisations différentes. Nous croyons notre typologie originale, dans la mesure du moins où son emphase sur les processus et l'individualisme méthodologique la distingue de celles que nous avons abordées dans le premier chapitre. Nous rejoignons en cela les propos de Burns et Stalker (1961: 12, cité par Langrish et al.,

1972: 9) pour qui "le transfert de technique est le résultat d'agents et non d'agences, de mouvement de personnel entre établissements plutôt que de direction de l'information dans des systèmes de communication."⁷⁰ Il est toutefois entendu que notre approche se prête mal à la quantification, ce qui reflète cependant bien la nature du sujet comme le remarque Smith (1995: 86) lorsqu'il souligne que la création et la distribution de connaissances, de même que l'innovation et la capacité d'absorption des savoir-faire, ne sont tout simplement pas quantifiables.

4.1 Sur les processus de combinaison des techniques

Comme nous l'avons souligné à maintes reprises, tout acte de création technique implique au moins l'un des deux processus suivants: 1) le(s) créateur(s) trouve(nt) un nouvel usage pour un savoir-faire; 2) le(s) créateur(s) intègre(nt) quelque chose de nouveau à un autre savoir-faire. On observe toutefois souvent deux techniciens collaborer ensemble, l'un à la recherche de nouveaux défis et l'autre tentant d'intégrer les connaissances de son collègue à son domaine d'activité. Le classement d'un cas particulier selon l'un ou l'autre critère sera donc souvent une question de degré bien plus que de distinction entre deux modes de transmission. Nous allons maintenant examiner les grandes lignes de ces deux processus.

4.1.1 Trouver de nouveaux usages pour un savoir-faire existant

Robert Weber (1992: 173) affirme être le seul psychologue à avoir étudié les processus de transfert d'un matériel d'un usage à un autre, notamment parce que la plupart de ses collègues croient le phénomène peu fréquent. Il fournit toutefois certains exemples et qualifie ce genre de découvertes de "meilleur aubaine que la technologie puisse offrir".⁷¹ Bien que Weber (1992: 172) qualifie les nouveaux matériaux de "substances à la recherche d'applications", il semble partager la conviction de ses confrères. Nous croyons toutefois au contraire que ce processus est extrêmement commun. Rosenberg (1976: 202) remarque que l'acier fut progressivement adopté dans l'industrie ferroviaire, la construction navale, la construction d'édifices à étages, l'industrie de la machine à vapeur, les grues, etc. Certains chercheurs tentent aujourd'hui de trouver de nouvelles applications industrielles pour le plasma en basse pression allant des emballages de produits alimentaires aux pièces d'automobiles en passant par les satellites de

⁷⁰ "The transfer of technology is one of agents not agencies, of moving people among establishments rather than of routing information through communication systems."

⁷¹ "Freest lunch that technology can offer."

communication (Baril, 1996). Dans son mémoire "L'innovation dans les nouveaux matériaux", Hicham (1996) dresse une nomenclature relativement détaillée des usages auxquels peuvent servir les plastiques, les composites, les céramiques, les supraconducteurs et les aciers. Nous nous limiterons ici aux plastiques:

* le secteur des transports: les plastiques permettent d'y réduire les coûts en diminuant le poids des véhicules. Ils réduisent les coûts de production et améliorent les formes et les couleurs. L'industrie aéronautique les utilise largement, notamment pour les sièges, les hublots et les cockpits, ou encore pour les éléments de structure comme les portes et les ailerons.

* l'industrie et le génie chimique: les plastiques servent notamment dans les éléments de machine, les profilés et les produits anti-corrosion.

* l'électricité: les plastiques y ont remplacé la céramique en isolation et sont aussi utilisés pour les produits moulés en forme, comme les prises et les interrupteurs.

* la santé: les plastiques y sont utilisés pour les implants de chirurgie, les prothèses, les sondes, l'optique et la lunetterie.

* l'agriculture: ce secteur utilise les plastiques pour leur légèreté et pour une meilleure productivité des récoltes. On les utilise également dans la fabrication de serres, de citernes et pour l'irrigation.

* les bâtiments et les travaux publics: selon l'entreprise *GE Plastics*, le tiers de la maison du futur sera fabriquée à partir de plastiques avancés et de composites.

* l'emballage: les plastiques ont conquis de nombreuses parts de marché dans ce domaine grâce à leurs caractéristiques (inaltérabilité, imperméabilité, résistance à la corrosion, asepsie des emballages, etc.) (adapté de Hicham, 1996: 24-5, 76).

Certains plastiques renforcés, ou composites à matrice organique résultant d'un mélange entré une matière de base et des additifs comme des stabilisants ou des corps étrangers de nature minérale, végétale ou synthétique, sont des substituts de choix pour

l'aluminium et les alliages légers, le verre et la céramique, le papier et le carton, ainsi que la chaux et le ciment (Hicham, 1996: 25-6).

La réutilisation des produits ne se limite évidemment pas qu'aux matériaux. Les premiers ordinateurs dépendirent ainsi d'une invention cruciale dont on ne savait toujours que faire plusieurs années après sa mise au point, le tube à vide électronique (Brown, 1988: 326). Ces tubes seront ensuite remplacés par des transistors, dont les premières utilisations avaient été dans les domaines de la téléphonie et des prothèses auditives. On trouva par la suite de multiples applications aux transistors, allant de la télévision aux appareils téléphoniques de haute fidélité en passant par les appareils photos, les montres et les systèmes radars (Clavel, 1997). Ce qui est toutefois moins connu, c'est que les tubes à vide électroniques furent cruciaux de plus d'une façon dans l'adaptation des transistors en informatique, notamment parce qu'ils inspirèrent l'architecture des systèmes subséquents, tant au niveau du design que de la nomenclature (Basalla, 1988: 46). L'inventeur Marcian Hoff relate une autre anecdote intéressante dans le domaine de l'informatique:

When we first started selling the 4004 microprocessor, people used to write to us with information about the different applications they had come up with. One group had actually installed microprocessors on cows... They were apparently recording when the cows drank, when they ate, and when they went to the salt lick. In effect, they were correlating this information with milk production. That really appealed to us. Here was a case where a chunk of computing power was going right out into the field... I mean, really in the field (Brown, 1988: 296).

L'inventeur John Taplin (1996: 12-3) tient des propos similaires à propos de ses régulateurs Kendall, un appareil plus petit, plus léger, plus précis et plus facile à assembler que ceux de ses concurrents de l'époque. Bien que ses régulateurs furent très profitables, ce ne furent toutefois pas ses qualités qui firent la fortune de la Kendall Controls Company, mais bien plutôt l'une de ses composantes, de petits diaphragmes de caoutchouc servant à sceller diverses composantes que des techniciens d'autres entreprises réutilisèrent dans une foule de domaines différents. Le laser est un autre cas intéressant, car il fut également qualifié suite à sa mise au point de "solution à la recherche d'un problème" (Brown, 1988: 326). Ses usages sont aujourd'hui multiples, que ce soit dans des instruments de mesure perfectionnés, comme aide à la navigation, dans la recherche chimique, dans les disques et certaines imprimantes, dans plusieurs

instruments chirurgicaux, dans l'industrie textile, dans le découpage de métaux et d'alliages, de même que dans certaines armes offensives. C'est toutefois dans le domaine des télécommunications où, couplé avec la fibre optique, il a délogé le câble coaxial et a eu le plus grand impact.⁷² Et comme nous le savons tous, la fibre optique fait des percées remarquables depuis quelques années dans des domaines comme le secteur militaire et spatial, l'automobile, le domaine médical et le contrôle des processus (OCDE, 1993: 87). Certains types de fullerènes (les *buckminsterfullerenes* pour être plus précis), de petites molécules de carbones ayant la forme de ballons de soccer et donnant un matériel extrêmement solide, léger et flexible, sont sans doute le meilleur exemple contemporain de techniques à la recherche d'applications. Les véritables percées commerciales se font toutefois attendre, bien que l'on ait publié des milliers d'articles scientifiques sur le sujet et suggéré une grande variété d'usages allant des amortisseurs de voitures à la réparation de cellules nerveuses (The Economist, 1997a; 1997b).

Dans leur étude sur "Les retombées socio-économiques du Centre canadien de fusion magnétique (CCFM)", Trépanier et Bataïni (1995) constatent que dans douze des dix-huit cas de sous-traitance étudiés, les entreprises et les laboratoires ont réutilisé les expertises et / ou les produits développés pour le CCFM dans d'autres domaines que la fusion. Dans neuf cas sur douze, ce sont les expertises plutôt que les produits qui ont été réutilisées dans les télécommunications, l'aérospatiale, l'électrotechnologie, les nouveaux matériaux, les appareils scientifiques, etc. Comme le remarquent les auteurs, "ce n'est pas le produit lui-même qui joue alors un rôle, mais les compétences et les expertises qui ont permis son développement et sa fabrication" (Trépanier et Bataïni, 1995: 12). Nous reproduisons ici un certain nombre de cas qu'ils décrivent plus en détail.

* pour Marine Industries Ltée (MIL), l'expertise technique développée à l'occasion du contrat d'usinage de bobines pour le champ magnétique est considérable: usinage d'un cuivre spécial, imprégnation des bobines, isolation des bobines, cuisson, perçage des bobines, achat d'une perceuse spéciale, relations commerciales avec Alstom (France), au Québec, travail en collaboration avec Milthon Inc. (filiale de MIL). L'expertise et les

⁷² Un câble téléphonique transatlantique ne transmettait que 138 conversations simultanées en 1966, tandis que les plus récentes fibres optiques en transmettent plusieurs millions. Plusieurs auteurs ont également relevé que certains employés de Bell refusèrent de breveter les premières techniques de télécommunication au laser prétextant qu'elles étaient sans avenir commercial (La Rocca, 1982; Rosenberg, 1996: 93).

équipements, notamment la perceuse, ont été réutilisés par MIL dans le cadre des travaux de fabrication de turbines pour Hydro-Québec (fabrication des "bricket gates");

* les travaux du CCFM dans le domaine de l'optique ont aussi donné lieu à des retombées dans des domaines autres que l'optique proprement dite. Ainsi, Usifibre, ayant dû apprendre à travailler avec des tolérances hors du commun et des matériaux isolants non magnétiques, a par la suite mis à profit cet apprentissage avec des matériaux isolants nouveaux, à l'occasion de contrats majeurs dans le domaine des télécommunications et des équipements électriques;

* chez Apollo Microwaves, les contrats de fabrication de composants micro-ondes à haute puissance (guides d'ondes, coupleurs et coupures électriques, section articulées) destinés au système d'entraînement de courant à haute fréquence ont permis de développer une expertise avec des systèmes de très grande puissance. Pour répondre aux exigences de puissance du CCFM, Apollo a développé une façon de concevoir et de fabriquer des "loop couplers" plus performants que ceux qui existaient sur le marché. À l'heure actuelle, cette nouvelle méthode donne à Apollo un avantage compétitif marqué dans ce créneau de marché. L'entreprise dispose maintenant d'une ligne complète de "loop couplers". C'est surtout dans le domaine des satellites de télécommunication qu'elle a réutilisé l'expertise développée au CCFM. Les succès remportés au CCFM ont considérablement accru sa crédibilité technique. Le fait d'avoir conçu pour un client exigeant des composants capables d'accepter des niveaux de puissance de 500 kW donne à Apollo "une place parmi les adultes".

Les auteurs relèvent donc que les véritables retombées pour certaines entreprises sous-traitantes du CCFM vont bien au-delà de l'augmentation ponctuelle du chiffre d'affaires. Ils notent également que l'on ne trouve aucun brevet sur ces expertises et que les entreprises bénéficiant véritablement des retombées occupent "des créneaux de marché très spécifiques où elles ne sont jamais en concurrence avec les grandes entreprises... [fabriquant] en grande série des produits standards (p.14)". Les auteurs retracent également quelques anciens employés du centre, ce qui leur permet de constater que ces derniers réutilisent parfois leur expertise dans des domaines différents, notamment dans le domaine très "générique" de l'informatique. L'examen des 5 cas sur 18 où les savoir-faire développés sont restés lettre morte est aussi intéressant. Comme certains répondants l'ont souligné aux enquêteurs, les exigences du CCFM sont parfois tellement grandes que les entreprises ne peuvent tout simplement pas trouver d'autres marchés pour les produits et les expertises mises au point. Certaines des expertises développées sont trop "hyper-spécialisées" pour trouver des applications hors de la

fusion, tandis que d'autres n'impliquent que des matériaux "exotiques" ne servant jamais en dehors de ce domaine.

Ces auteurs reprirent par la suite cette démarche dans une étude sur la sous-traitance dans le secteur biopharmaceutique québécois (Trépanier, Martineau et Bataïni, 1997). L'un des principales conclusions de l'enquête est toutefois que les retombées des contrats accordés par les filiales de multinationales sur le "coffre à outils" de leurs fournisseurs ont été beaucoup moins importantes. Les auteurs expliquent ce résultat par la nature extrêmement spécialisées des expertises dans ce domaine, pour lesquelles de nouveaux débouchés n'ont pas été développés. Ils ajoutent également, en soulignant qu'il s'agit sans doute là du facteur déterminant, que "les règles de confidentialité associées aux contrats dans cette industrie réduisent encore davantage les possibilités de réutilisation des expertises ou des produits développés" (p. 45). Les auteurs relèvent finalement que les filiales de multinationales ne sont ordinairement pas à l'origine du développement des expertises constituant les pierres d'assise de ces entreprises et que les PME faisant affaire avec elles doivent donc avoir développé une expertise préalable.

Une enquête relativement similaire a été menée par des politologues américains dans le but d'examiner les retombées des contrats gouvernementaux reliés à l'industrie de la défense (Kelley et Watkins, 1995). Les auteurs concluent de leur recherche que la perception selon laquelle les fournisseurs du Pentagone ne sont que des contracteurs ultra-spécialisés entourés d'un mur les protégeant de la discipline du marché relève davantage du mythe que des faits, car des techniques développées dans un contexte militaire sont réutilisées à très grande échelle à des fins civiles et vice-versa.

Parce que ces processus résultent d'une approche cognitive commune à tous les humains, les exemples de ce genre sont innombrables dans l'histoire des techniques. Certains auteurs (Basalla, 1988; Rosenberg, 1994, 1996) postulent donc que trouver un nouvel usage pour un produit ou un savoir-faire est la norme bien plus que l'exception, mais ils ne fournissent cependant pas de détail sur les raisons amenant un inventeur à trouver de nouveaux usages pour un produit ou un procédé. Jacob Rabinow, l'un des inventeurs les plus prolifiques de ce siècle, fournit selon nous une partie de la réponse en parlant de sa propre expérience. Il soutient ainsi débiter de temps à autre une démarche créatrice avec une idée amusante (*funny*) et en réfléchissant ensuite aux

usages auxquelles elle pourrait servir (Brown, 1988: 195). Les autres cas s'expliquent selon nous par un simple raisonnement analogique se produisant dans le cerveau d'un individu créatif lorsqu'il est confronté à un produit ou un procédé qu'il pourrait améliorer à partir de son savoir-faire.

La plupart des inventions ont donc plusieurs usages potentiels, dont un petit nombre seulement seront développés, le plus souvent sans succès commercial. On doit en effet souligner que la première application commerciale d'une invention est rarement celle pour laquelle elle passera à l'histoire des techniques. Le premier usage commercial des machines à vapeur fut ainsi de pomper l'eau dans les mines, celui de la radio de transmettre des messages entre les navires et celui des ordinateurs de calculer les tables de tir de l'armée américaine. Un autre exemple particulièrement intéressant à cet égard est celui du phonographe de Thomas Edison, car ce dernier rédigea en 1877 une liste en ordre décroissant des usages potentiels de sa nouvelle machine: 1) pour prendre des dictées sans l'aide d'un sténographe; 2) comme "livre parlant" pour les aveugles; 3) comme outil d'enseignement pour l'art oratoire; 4) pour reproduire de la musique; 5) pour préserver la "mémoire familiale" (souvenirs, dernières paroles d'un défunt, etc.); 6) pour créer de nouveaux sons pour les boîtes et les jouets musicaux; 7) pour produire des horloges donnant l'heure et un message; 8) pour préserver la prononciation exacte de langues étrangères; 9) pour enseigner l'orthographe et l'apprentissage par coeur; 10) pour enregistrer les appels téléphoniques. Comme nous le savons tous, la reproduction de musique fut de loin l'usage le plus important de cette invention. Edison considérait toutefois cette fonction comme triviale et dénuée d'intérêt commercial. Il lui faudra une vingtaine d'années avant d'en reconnaître l'importance, longtemps après que d'autres inventeurs aient modifié sa machine afin de la transformer en *juke-box* (Basalla, 1988: 139-40). L'historien des techniques Robert Basalla (1988: 141) conclut à partir d'exemples similaires que l'on ne peut jamais présumer connaître l'usage le plus profitable d'une nouvelle invention.

On doit finalement souligner un phénomène important pour comprendre la dynamique de la réutilisation d'un savoir-faire: le rôle du hasard et de la chance dans l'expérimentation. Plusieurs découvertes se produisent ainsi accidentellement lorsqu'un expérimentateur cherche à résoudre un problème particulier. Ces trouvailles ne sont souvent d'aucune utilité pour résoudre le problème initial du chercheur, mais si ce dernier est suffisamment alerte et entreprenant, il songera à leur trouver d'autres

applications (Brown, 1988: 326; Jewkes et al., 1969: 63-4; 101-3; 128-9). Roentgen a ainsi découvert les rayons X après avoir été intrigué par le noircissement de plaques photographiques posées près d'un tube à décharge (Chalmers, 1987). Un technicien cherchant à résoudre un problème relié à l'utilisation d'une arme à feu trouva par hasard un excellent moyen d'imiter le beuglement d'une vache (Koestler, 1969). La découverte de la téléphonie survint le 2 juin 1875 alors qu'Alexander Graham Bell travaillait à l'amélioration du télégraphe avec son assistant Watson lorsque ce dernier fit un faux mouvement et que le mauvais contact d'une vis de réglage trop serrée transforma ce qui aurait dû être un courant intermittent en un courant continu. Bell entendit distinctement à l'autre bout du fil le son produit par la chute du contacteur. Ce n'est toutefois que le 10 mars 1876, après bien des essais et des erreurs, que Bell réussira à transmettre des paroles intelligibles à son collaborateur (Gorman et Carlson, 1992).

Bianchi (1974: 25) décrit un cas similaire dans le développement du papier inversible couleur au début des années 1950 dans les laboratoires parisiens de Kodak-Pathé lorsqu'un ingénieur chimiste "découvre par hasard, au cours de travaux orientés vers d'autres sujets, une émulsion positive-directe, c'est-à-dire une émulsion capable de reproduire un positif à partir d'un positif". Une diapositive étant un positif, il aurait alors eu l'idée de se servir de cette émulsion pour tenter de la reproduire sur papier, une opération impossible à l'époque. Aidé d'un chimiste, l'auteur du projet consacre la plus grande partie de l'année 1952 à la mise au point de son invention, mais d'une manière tout à fait officieuse, sans même faire partie officiellement du laboratoire des émulsions couleurs, car des travaux similaires menés aux États-Unis quelques années plus tôt n'ont pas donné de bons résultats. Bianchi souligne toutefois que l'on oublie que "depuis l'échec des travaux américains, les moyens mis à la disposition des chercheurs (émulsion, couleurs...) ont été perfectionnés" (p.26). Le produit final sera finalement lancé deux ans plus tard sur le marché français et connaîtra un bon succès.

Une anecdote récente dans une technique de pointe illustre bien l'actualité du phénomène.

About two years ago, Tsing-Hua Her, Eric Mazur, and Claudia Wu were using a laser to try to make pieces of silicon react with various types of gases inside a chamber. The physicists were hoping to find better ways to etch circuit patterns onto computer chips. But they discovered that their process created rows of perfect spikes on the surface of the silicon. "It's really amazing," says Her, "The spikes are very well organized."

The spike-covered silicon couldn't be used to make computer chips, so the physicists decided to test it for other potential applications. Wu and her colleagues soon found that spiky silicon absorbs nearly all the light that falls on it. The spikes recapture light that isn't initially absorbed or that has bounced off other spikes. The physicists aren't exactly sure how the light-absorbing spikes form but speculate that a chemical reaction might occur between the silicon surface melted by the laser and chlorine or fluorine gas. Conditions have to be just right: with a longer or weaker laser pulse, or gases other than fluorine or chlorine, the spikes fail to form. The spiky silicon generates about 60 percent more electric current than does flat silicon, at least for some colors of light. Because of the powerful laser needed, the process of making the spiked silicon is still a little slow and expensive. But as the Harvard team makes fabrication more reliable, their silicon could become the standard for solar cells of the future (Discover, 1999).

4.1.2 *Résoudre un problème en intégrant un nouveau savoir-faire*

Nous avons abondamment décrit dans les sections précédentes l'importance de combiner différents produits et procédés afin de résoudre des problèmes techniques. Nous préférons donc citer les propos du directeur et propriétaire d'une PME helvétique plutôt que de revenir sur les détails de notre argumentation.

Je m'intéresse toujours à la recherche, je m'intéresse toujours au nouveau. Il faut lire, il faut participer à des séminaires, il faut participer..., il faut aller voir des expositions, c'est-à-dire qu'il faut avoir les yeux ouverts. Et essayer d'adapter, ce que je viens de dire, d'adapter des solutions d'autres branches technologiques à notre branche. C'est-à-dire que nous ne faisons rien de fondamentalement nouveau. C'est de l'adaptation. Mais ce sont peut-être des idées que les autres n'ont pas encore eues ou bien qu'ils n'ont pas osé réaliser et cela permet à certains d'être toujours un petit cran en avant (cité par Crevoisier, 1993: 44).

On peut toutefois souligner que la substitution de matériaux est un processus suffisamment fréquent chez les praticiens pour que certaines entreprises et l'armée américaine aient mis au point des logiciels permettant de comparer diverses substances selon des paramètres comme la "force", le "poids", la "rigidité", la "flexibilité", etc. (Weber, 1992: 104). Une telle procédure n'est toutefois sans doute pas très utile dans les situations non routinières et pour les mécanismes plus complexes.

4.1.3 *Synthèse*

Il est facile de documenter les usages imprévus que l'on fait d'un produit ou d'un procédé, tant parce que le phénomène est omniprésent dans l'histoire des techniques que parce plusieurs auteurs s'y sont déjà arrêtés. Très peu d'analystes ont cependant

documenté les processus par lesquels ces transferts ont été effectués. Il est donc souvent impossible de déterminer avec certitude si l'inventeur a trouvé un nouvel usage pour une technique avec laquelle il est depuis longtemps familier ou si un inventeur a résolu un problème en adaptant une technique qu'il n'a remarqué que depuis peu. Nous avons toutefois amassé un nombre suffisant d'exemples pour établir une typologie de la combinaison de savoir-faire, mais nous devons au préalable examiner cette dynamique au sein des entreprises.

4.2 De la combinaison de techniques au sein d'une entreprise diversifiée

4.2.1 De la nature des entreprises

Dans son analyse classique de la croissance de la firme, Penrose (1959) distingue les ressources physiques (installations, équipements, terrains, matières premières, etc.) et les ressources humaines disponibles au sein d'une entreprise. Elle remarque toutefois que la résultante de ces deux composantes distinctes n'a rien d'évident au niveau analytique et que l'on ne peut la définir qu'en fonction de ce qu'elle fait ou de ce qu'on y fait. Chaque analyste est donc libre de choisir les caractéristiques qui lui plaisent et de baptiser ensuite son construit analytique une "entreprise" (*firm*) (Penrose, 1959: 10). Audretsch (1995: 41-5) et Hendrickx (1995) nous rappellent toutefois que l'on trouve au moins trois grandes écoles de pensée en économie ayant essayé d'opérationnaliser ce concept. La première envisage l'entreprise comme une fonction de production transformant des intrants en extrants. L'entreprise y est vu comme une entité autonome agissant rationnellement, produisant un résultat homogène et où l'innovation technique est un phénomène exogène. Nous ne nous arrêterons pas davantage sur cette approche, car elle ne fait aucune place à la créativité individuelle.

La seconde école de pensée, que nous avons brièvement abordée dans le deuxième chapitre, s'inscrit dans le sillage de Coase (1988) et envisage la firme comme un moyen de réduire les coûts de transaction. On postule donc que la structure hiérarchique qu'est la firme existe dans toutes les activités pour lesquelles il en coûterait plus cher de recourir à la négociation par le marché. Hors de la firme, les mouvements des prix dirigent la production qui est coordonnée par une série de transactions marchandes. Au sein de la firme cependant, ces transactions sont éliminées (ou du moins modifiées) et l'entrepreneur / gestionnaire se substitue au marché. On considère donc que le marché et la firme sont des méthodes alternatives de coordination de la production.

La troisième approche met l'emphase sur la capacité d'absorption des firmes qui sont considérées comme des "réservoirs de connaissances" (*repository of knowledge and / or capabilities*) ou des "coeurs de compétences" combinant ce qu'elles peuvent prendre dans leur environnement extérieur avec leur propre capital technique. Sans entrer dans les détails, Barney (1998), Bencherit (1994), Galunic et Rodan (1997), Hendrickx (1995), Langlois (1992) et Langlois et Foss (1999) nous rappellent que cette approche, maintenant prépondérante dans le domaine du management stratégique, insiste sur la culture organisationnelle, les connaissances tacites, la capacité d'apprendre, la capacité de coopérer et d'autres aspects intangibles négligés par l'économie traditionnelle. Hendrickx (1995: 17) résume l'apport de cette école de pensée en soulignant que "les capacités et ressources des firmes ne s'échangent pas, ou ne s'assimilent pas aisément en piochant dans un stock existant, compte tenu de leur caractère tacite, spécifique et des complémentarités qui s'exercent" et que cette "démarche recouvre les exigences de la reformulation de la notion de transfert de technologie à savoir: les aspects cognitifs, organisationnels, dynamiques, cumulatifs et l'attachement à l'étude des processus de création de ressources". Une entreprise, ou à tout le moins une entreprise performante, est donc bien plus qu'une simple façon de réduire les coûts de transaction.

La caractéristique la plus pertinente des entreprises pour notre problématique est toutefois la diversité des savoir-faire de leurs employés et les processus menant à leur combinaison. Une entreprise n'oeuvrant que dans un seul domaine comptera ainsi malgré tout des employés aux qualifications diverses, allant de la production à la mise en marché en passant par la finance. La diversité des compétences du personnel d'une entreprise s'accroît ordinairement avec l'augmentation du chiffre d'affaires dans le but de réaliser des économies d'échelle (*scale*). Il est toutefois évident qu'une entreprise élargissant sa gamme de production par le biais d'économies d'envergure (*scope*), que ce soit par une diversification interne de sa production ou l'acquisition d'entreprises déjà existantes dans d'autres domaines, élargira par le fait même grandement l'éventail de savoir-faire de ses employés. Au niveau institutionnel, la diversité d'une entreprise peut s'exprimer sous formes de divisions distinctes, de compagnies subsidiaires ou d'autres arrangements (Barney et Ouchi, 1990: 9).

Bien que certains auteurs aient depuis longtemps mis au point diverses mesures de la diversification des entreprises, les processus menant à cette diversification ont

cependant été négligés (Teece et al, 1994).⁷³ On explique néanmoins généralement la diversification des entreprises par un certain nombre de facteurs allant des économies d'échelles de la fonction managériale (i.e. que le personnel administratif et celui du département des finances pourront servir des activités fort différentes) à la saturation ou au déclin d'une gamme de produits sur le marché en passant par un meilleur contrôle des approvisionnements et / ou de la distribution (Chapman et Walker, 1987: 79,87; Langlois, 1997; Penrose, 1959; Petroski, 1996: 26). Teece et al. (1994: 3) ajoutent que les nouvelles activités des entreprises sont toujours construites à partir des acquis antérieurs et qu'une entreprise devient plus complexe lors de ses périodes de croissance. Les grandes entreprises américaines d'abattage se sont ainsi diversifiées au siècle dernier dans le domaine du cuir, du savon et des engrais pour réutiliser leurs sous-produits, tandis que General Motors a utilisé son expertise dans les moteurs d'automobiles pour se lancer dans la fabrication de locomotives diesel (Langlois, 1992: 526). Certaines entreprises de savon du siècle dernier ont ajouté la margarine à leur gamme de production, car il ne s'agissait pour elles que de traiter différemment leur matière de base, le gras animal (Talbot, 1920: 12). La Singer Sewing Machine Company est devenu une entreprise importante dans la fabrication de mobilier après avoir développé pendant plusieurs années des meubles pour ses machines à coudre (Teece et al., 1994: 20). La pétrolière Esso s'est diversifiée avec succès dans l'exploration charbonnière, mais sans résultats convaincants dans les logiciels de traitement de texte et dans les équipements de bureau (DeBresson, 1996: 156). Des entreprises telles que General Electric et General Motors tirent désormais une portion substantielle de leurs revenus de leur division des services financiers (The Economist, 1997c). Thermo Electron produit des appareils de contrôle et d'analyse environnementaux, de la machinerie pour le recyclage du papier, des produits biomédicaux (notamment des appareils pour le coeur et la mammographie), des systèmes d'énergie alternative et d'autres produits liés aux questions de santé, sécurité et qualité environnementales (Hatsopoulos, 1996: 81). L'entreprise montréalaise Seagram a ajouté une variété de jus de fruits à sa gamme de boissons alcoolisées. L'arrivée d'une nouvelle génération de dirigeants dont certains avaient vécu à Hollywood a toutefois marqué le début d'une campagne de diversification dans les produits

⁷³ Les différentes mesures de diversification des entreprises souffrent selon nous des mêmes problèmes que ceux que nous avons soulevés dans le premier chapitre.

culturels par le rachat de Universal Studios et Polygram.⁷⁴ L'entreprise Ciba compte des divisions spécialisées dans les additifs, les soins aux consommateurs (*consumer care*), les polymères performants, les colorants, les teintures pour le tissu et les produits chimiques spécialisés.⁷⁵ L'entreprise 3M, qui est surtout connue pour ses rubans adhésifs, commercialise un nouveau type de circuit électronique (*Microflex Circuits*) qui a la particularité d'être installé sur un ruban magnétique. Cette nouvelle technique a déjà trouvé des applications dans les téléphones, les télé-avertisseurs, les ordinateurs portatifs et les imprimantes.⁷⁶ Canon a des divisions dans le domaine de l'optique, de la mécanique de précision, de l'électronique et des produits chimiques (Galunic et Rodan, 1997: 9).

La plupart des moyennes et grandes entreprises ont donc des productions très diverses et des employés aux talents variés. En fait, des observateurs britanniques de l'industrie américaine considéraient déjà le phénomène généralisé (*prevalent*) en 1854, notamment à partir de leur observation d'usines de fabrication de locomotives où l'on construisait également diverses machines pour des filatures, des raffineries et plusieurs autres industries, de même que d'autres établissements où l'on fabriquait simultanément des moteurs pour bateaux, des presses hydrauliques, des marteaux-pilons, des canons et d'autres équipements lourds (Rosenberg, 1976: 291). Il semble aller de soi que cette diversité à l'interne facilite les recombinaisons de techniques. Les employés des divisions électronique et optique de Canon ont ainsi combiné leur savoir-faire afin de développer des avancées notables dans le domaine des caméras et des copieurs (Galunic et Rodan, 1997). Kodama (1992) illustre également le phénomène à partir de nombreux autres cas japonais. Des employés de Fanuc (une entreprise du secteur mécatronique) ont ainsi fusionné différents savoir-faire issus de l'électronique, de la mécanique et des technologies des matériaux pour créer un nouveau type de contrôleur numérique. Des employés de Sharp ont de même créé le premier écran à cristaux liquides commercialement viable en combinant des connaissances tirées du domaine de l'électronique, des cristaux et de l'optique. Nous allons maintenant examiner plus en détail la combinaison de différents savoir-faire au sein d'une entreprise.

⁷⁴ D'après une émission radiophonique de la Canadian Broadcasting Corporation diffusée en décembre 1998.

⁷⁵ D'après un encart publicitaire paru dans *The Economist*, volume 347, numéro 8064, 18 avril 1998.

⁷⁶ D'après un encart publicitaire paru dans *Discover*, volume 19, numéro 6, Juin 1998.

4.2.2 De la combinaison des techniques au sein d'une entreprise

Comme nous venons de le souligner, les entreprises importantes comportent plusieurs divisions ayant des rôles et des productions pouvant sembler fort éloignés. Nous devons toutefois d'abord mettre l'emphase sur la diversité *au sein même* de ces groupes de travail, car on y retrouve le plus souvent des individus ayant des formations et des expériences très diverses. Raymond Kurzweil, un spécialiste de l'intelligence artificielle et pionnier des synthétiseurs musicaux électroniques, relate ainsi que les projets qu'il dirige impliquent des spécialistes issus d'horizons très diversifiés. La clef du succès d'un gestionnaire est donc de s'assurer que tous les membres du groupe parlent le même langage.

In speech recognition, for example, some of the technologists involved include linguists, signal-processing experts, VLSI [very large scale integration] designers, psycho-acoustic experts, speech scientists, computer scientists, human-factors designers, experts in artificial intelligence and pattern recognition, and so on... Each one of these fields has very different methodologies and different terminologies. Very often a term in one field means something else entirely in another field. Sometimes we even create our own terminology for a particular project. So, enabling a team like that to communicate and solve a problem is a significant challenge. If you look at the entire company, you bring in even more disciplines: manufacturing, material-resources planning, purchasing, marketing, finance, and so on. Each of these areas has also developed sophisticated methodologies of their own that are as complex as those in engineering. My challenge is to provide a climate in which people with different expertise can work together toward a common goal and *communicate clearly with one another* (Brown, 1988: 243-4, nos italiques).

Les employés de l'entreprise montréalaise Andromed, une compagnie vouée au développement d'appareils et d'instruments médicaux de pointe, ont mis au point un stéthoscope électronique, le Stethos, fruit de la collaboration entre spécialistes de divers domaines tels que des médecins, des ingénieurs, des cliniciens et des mouleurs (Turcotte, 1997). Cette combinaison de divers savoir-faire n'est évidemment pas que l'apanage des entreprises de haute technologie. La rayonne fut ainsi mise au point en combinant les savoir-faire d'un chimiste, d'un souffleur de verre et d'un commis de banque (Jewkes et al., 1969: 97), tandis qu'un ingénieur électrique, un spécialiste des textiles et un habitué des conditions atmosphériques extrêmes unirent leurs compétences pour mettre au point des gants chauffants ultra-performants.⁷⁷

⁷⁷ D'après le pamphlet publicitaire accompagnant les Nordic Gear "Battery Heated Gloves".

La diversité des savoir-faire des employés d'entreprises importantes facilite les échanges entre gens ayant des expériences et un vocabulaire diversifiés, car suite aux processus habituels d'embauche, d'avancement et de relocalisation du personnel, ces individus s'inscrivent dans divers réseaux sociaux leur permettant d'identifier les compétences de leurs collègues de travail et de leur faire appel en cas de besoin. Ce processus se fait toutefois rarement sans heurts, car comme l'ont constaté Angle et Van de Ven (1989: 674), il est très rare qu'une équipe de travail soit composée du même personnel du début à la fin d'un projet dans la plupart des entreprises. Une telle fluidité des équipes de travail a évidemment des avantages, notamment lorsqu'un nouvel arrivant permet d'envisager certains problèmes sous un nouvel angle. Elle peut cependant s'avérer dommageable lorsque des employés compétents quittent un projet emmenant avec eux leur bagage d'expertise, de savoir-faire et leurs contacts. Le problème n'est pas tant celui des fuites potentielles que la perte de leur savoir-faire qui ne peuvent tout simplement pas être transmis, du moins rapidement et complètement, aux nouveaux venus. Angle et Van de Ven (1989: 675) soulignent donc que les individus dans ces groupes ne travaillent souvent pas à l'unisson au niveau de leurs objectifs et de la coordination de leurs activités, ce qui se traduit fréquemment par une perte de productivité et une augmentation des tensions internes. Ces auteurs notent également que les employés affectés à plusieurs projets au sein d'une entreprise doivent servir plusieurs maîtres à la fois et ne peuvent donc se concentrer uniquement sur l'activité novatrice. Les employés impliqués simultanément dans un projet novateur et un projet routinier aurait ainsi tendance à négliger le premier au profit du second, car les schèmes d'évaluation militeraient en faveur de l'activité routinière. Par contre, bon nombre d'employés trouvent souvent plus valorisant leur implication dans un projet novateur, ce qui préviendrait partiellement les effets néfastes de la double tâche.

4.2.3 Surmonter les clivages bureaucratiques: les approches organisationnelles

Un autre problème fréquent avec toutes les entreprises en croissance est le "dilemme de la bureaucratisation" et les inerties, clivages et querelles de clocher en découlant. L'histoire de la plupart des grandes corporations nous indique que le phénomène ne peut être évité, malgré une volonté affichée des dirigeants de prévenir les pièges du gigantisme. La bureaucratisation a plusieurs causes, allant d'une volonté de limiter le trafic d'influences et de reconnaître le mérite des employés en passant par

l'établissement d'un ensemble de procédures visant la cueillette d'information, la coordination des activités indispensable dans toute organisation d'une certaine taille et la création d'une culture d'entreprise (Audretsch, 1995: 51-52). Une telle structure établit toutefois des clivages entre services et départements tout en ne créant à peu près aucun incitatif à sortir de la norme, malgré une volonté affichée des dirigeants de promouvoir "l'intrapreneuriat" (Landau, 1996). Samuelson (1988) résume bien la situation.

Companies are too compartmentalized. Research labs often can't persuade top executives to try a new products; marketers can't persuade the labs to work on customer problems. Design and production engineers are at odds. One Boeing executive told a congressional committee: "The engineer designs it... and throws it over the fence. The manufacturing people look at it and say, "Oh my goodness gracious, this guy must be out of his mind. How do you expect me to build this?" (Samuelson, 1988: 55).

Galunic et Rodan (1997) formulent cinq propositions sur la dynamique de la recombinaison de techniques au sein d'une entreprise, un processus qu'ils qualifient selon nous sans trop de pertinence de *Schumpeterian resource recombinations*.⁷⁸ Bien que l'essentiel de leur argumentation porte sur le caractère tacite et la contextualisation du savoir-faire, un sujet que nous aborderons plus en détail au chapitre suivant, nous en présentons ici une brève synthèse.

Proposition 1

La propension à effectuer une recombinaison de ressources sera inversement proportionnelle à l'importance des connaissances tacites dans une entreprise, à la fois en raison d'une probabilité moindre de détection d'opportunités et de coûts accrus lors des échanges d'information.

Proposition 2

a) La propension à effectuer une recombinaison de ressources sera inversement proportionnelle à l'importance des routines tacites dans les activités organisationnelles.

⁷⁸ Le traitement conceptuel de Galunic et Rodan est le plus sophistiqué que nous ayons trouvé sur la problématique de la combinaison de savoir-faire distincts au sein d'une entreprise. Il demeure selon nous inadéquat, notamment en raison de sa vision holiste de l'entreprise "connaissante" et "agissante", de même qu'en raison du manque de familiarité des auteurs avec la littérature sur la créativité technique. Nous avons donc cru plus utile d'en faire ressortir quelques points saillants plutôt que d'entrer dans le détail de la pensée des auteurs.

b) La propension à effectuer une recombinaison de ressources sera accrue là où les routines explicites sont prépondérantes en raison de la plus grande probabilité de détection.

c) La propension à effectuer une recombinaison de ressources sera moindre là où les routines sont explicites mais dépendantes du contexte spécifique, car cela accroît le coût du transfert de la compréhension sous-jacente (*underlying understanding*).

Proposition 3

La propension à effectuer une recombinaison de ressources sera moindre dans la mesure où les connaissances sont dispersées.

Proposition 4

La propension à effectuer une recombinaison de ressources sera moindre là où les clivages institutionnels sont importants, à la fois en raison d'une probabilité moindre de détection d'opportunités et des coûts accrus d'échange d'information.

Proposition 5

La propension à effectuer une recombinaison de ressources sera moindre là où la technique est fortement identifiée à certains individus, à la fois en raison d'une probabilité moindre de détection de nouveaux usages pour les ressources existantes que du coût nécessaire pour surmonter les frictions lors des transferts.

On trouve néanmoins quelques exemples où l'on est parvenu à passer outre à la segmentation des différents groupes de travail pour combiner les savoir-faire de différentes équipes de recherche. Nohara (1990: 35) et Kodama (1992: 76) remarquent ainsi que l'absence relative de descriptions de tâches pointilleuses, de même que de la notion de "métier" et de formation professionnelle institutionnalisée contribue à générer une multi-activité des travailleurs japonais au sein de leurs entreprises, ce qui faciliterait leur mobilité technique et sectorielle. Comme le remarque Kodama (1992: 76):

Informal integration of new innovations succeeds in Japan because there are few concrete job descriptions to begin with. If an electrical engineer is hired by the company, then he or she accepts to do whatever is necessary to excel as an engineer and improve the company's performance - including

keeping tabs on all relevant technological developments going on outside the company.

Détail intéressant, Nohara (1990) remarque que la proximité physique des installations est un atout important pour faciliter ces processus. Dubé (1993) souligne de même que dans la plupart des entreprises nipponnes "on passe beaucoup de temps à discuter en équipe et à partager afin d'avoir une meilleure circulation de l'information à tous les niveaux hiérarchiques... dans les entreprises, cela transpire, tous les bureaux sont ouverts... Les employés travaillent plusieurs dans la même pièce, sans intimité, sans écran." Saxenian (1989) relève également que plusieurs entreprises de Silicon Valley essaient délibérément d'organiser des échanges de points de vue entre différents départements.

La problématique de la transmission "horizontale" des flux d'information a également refait surface depuis quelques années dans le débat entre les tenants de l'ingénierie séquentielle et ceux de l'ingénierie simultanée. L'ingénierie séquentielle fonctionne *grosso modo* de la façon suivante: 1) l'équipe marketing d'une entreprise définit, après enquête, les paramètres des besoins du marché pour un certain type de produit; 2) on fournit les résultats à des ingénieurs qui, une fois terminé le design d'un nouveau produit, le transmettent à un autre service où l'on s'occupera de définir les procédés de fabrication; 3) une fois ce travail terminé, on transmet le tout aux individus qui auront à le fabriquer. L'ingénierie simultanée procède différemment. On choisit délibérément d'intégrer les différentes phases de conception d'un produit tout en tenant compte, dès la conception, des attentes de la clientèle. Les ingénieurs et les designers doivent donc travailler en étroite collaboration avec le service de marketing, les fournisseurs, les comptables et les vendeurs. La plupart des études confirmeraient que l'ingénierie simultanée donnerait des résultats beaucoup plus intéressants que l'ingénierie séquentielle, même si le temps requis pour produire le prototype initial est évidemment plus élevé (Boyer, 1993).

La mise au point du *walkman*, du moins telle que relatée par Weber (1992: 97-100), est également instructive. Le *walkman* s'inscrit dans la foulée de deux succès commerciaux antérieurs de Sony, le radio transistor, qui fut le premier récepteur radio vraiment portatif, et le *pressman*, une petite enregistreuse/magnétophone monophonique de grande qualité pour l'époque. Le *pressman*, comme son nom l'indique, fut très populaire

auprès des journalistes, des interviewers et d'autres professionnels ayant besoin d'une enregistreuse portative de bonne qualité. L'histoire du *walkman* débute toutefois véritablement lorsque des ingénieurs de Sony tentèrent de convertir le *pressman* en appareil stéréophonique en lui ajoutant un circuit stéréo. Le volume de circuits électroniques requis s'avéra toutefois trop important pour que cette nouvelle version puisse être simultanément une enregistreuse et un magnétophone. Les dirigeants du groupe de recherche décidèrent alors de convertir le *pressman* en magnétophone uniquement, ce qui déplut à la direction de Sony. De plus, les petits haut-parleurs dont on l'équipa ne donnaient qu'une piètre qualité sonore. Certains chercheurs décidèrent alors d'y ajouter des haut-parleurs détachables, mais le nouvel appareil perdit alors rapidement son principal atout qui était sa portabilité.

C'est à ce moment qu'entre en scène Masaru Ibuka qui, bien que président honorifique de la corporation, était retraité et sans fonction officielle. Il semble en fait que la haute direction de Sony n'ait su que faire d'un retraité qui se présentait obstinément au travail tous les matins. On le laissait néanmoins libre de se promener dans toutes les installations de la corporation et on raconte qu'Ibuka passait ses journées à errer sans but apparent dans l'entreprise. Il visita ainsi un laboratoire où l'on développait de petits écouteurs stéréophoniques légers que l'on pouvait porter longtemps sans désagrément. Personne n'avait alors songé que ces écouteurs pourraient éventuellement faire partie d'un équipement portatif. Or Ibuka visita quelque temps plus tard le laboratoire où l'on travaillait sur la nouvelle version du *pressman*. Il suggéra donc à ses ingénieurs de laisser tomber les haut-parleurs et d'intégrer les écouteurs à leur produit, ce qui eut également pour conséquence de prolonger de façon drastique la durée de vie utile des piles de ce qui allait bientôt devenir le *walkman*.

La petite histoire du *walkman* illustre bien l'importance des clivages bureaucratiques au sein des grandes organisations, mais elle démontre également qu'ils peuvent parfois être surmontés. La principale leçon qu'en tire Weber (1992: 100) est que la plupart des grandes organisations devraient institutionnaliser la fonction de "walkman", i.e. créer des postes réservés en priorité à des employés expérimentés et de préférence retraités (car non menaçants pour les employés réguliers) dont la fonction serait de "tisser la fabrique intellectuelle" d'une entreprise en servant de canaux de transmission entre les individus oeuvrant au sein de différents départements.

Les grandes entreprises sont donc des réservoirs d'individus ayant toute une gamme d'habiletés. Si elles semblent de prime abord constituer un ferment idéal pour la collaboration entre spécialistes de divers domaines, les clivages bureaucratiques inhérents au gigantisme compliquent souvent les choses. Nous allons maintenant aborder la combinaison de techniques entre individus appartenant à des organisations différentes.

4.3 Vers une typologie de la combinaison de techniques

Toute création technique implique que le(s) créateur(s) trouve(nt) un nouvel usage pour un savoir-faire et/ou intègre(nt) quelque chose de nouveau à un savoir-faire déjà établi. Nous avons donc utilisé ces deux facettes de l'acte créatif pour établir notre typologie de la combinaison de techniques entre différentes organisations. Après un survol aussi large que possible, nous avons identifié deux principaux processus par lesquels des employés trouvent de nouveaux usages pour leur savoir-faire: 1) les employés d'une entreprise identifient de nouvelles applications pour leur savoir-faire et adaptent eux-mêmes leur savoir-faire sur une nouvelle production; 2) des employés salariés vont oeuvrer dans des entreprises d'autres domaines et adaptent leur savoir-faire dans de nouveaux contextes. Il y a également certaines récurrences au niveau de l'intégration d'une nouveauté à un savoir-faire préalable: 3) les employés d'une entreprise sous-traitante développent ou acquièrent une nouvelle technique et incorporent ce nouveau savoir-faire dans plusieurs domaines par l'intermédiaire de leur clientèle diversifiée; 4) les employés d'une entreprise observent un produit ou un procédé utilisé dans un autre contexte et l'adaptent à leur production, avec ou sans la collaboration d'employés oeuvrant dans le domaine d'origine; 5) les employés d'entreprises oeuvrant dans des secteurs différents collaborent dans la mise au point d'un nouveau produit ou procédé. Nous devons souligner que ces processus sont essentiellement descriptifs et qu'ils reflètent ce que nous avons pu observer dans la littérature et lors de notre démarche empirique. Il est par contre entendu qu'ils ne sont pas toujours mutuellement exclusifs. Nous allons maintenant les examiner plus en détail.

4.3.1 Les employés d'une entreprise trouvent de nouvelles applications pour leur savoir-faire

Nous avons vu que l'histoire des techniques est truffée de cas où des individus inventifs trouvent de nouveaux usages pour leur savoir-faire. L'économiste Nathan Rosenberg a

bien décrit les grandes lignes de ce processus en prenant pour point de référence l'industrie américaine des machines-outils du siècle dernier.

A dominant pattern in both [19th century United States and United Kingdom] went as follows: A firm develops a new technique or process in response to a problem in a particular industry - say firearms manufacture. It later becomes apparent that this technique is applicable to typewriters. The technique is "transferred" to the typewriter industry by the firm which developed the technique actually undertaking the production of typewriters (Remington). In other words, a very common mode of technology transfer between industries took place as a result of firms adding to, or switching, their product lines (Rosenberg, 1976: 153).

Les exemples de ce type abondent dans tous les domaines d'activité. Les plus publicisés viennent toutefois des programmes spatiaux et militaires où ils justifient souvent des postes budgétaires importants. L'Agence spatiale européenne a ainsi monté un catalogue contenant plus de deux cents illustrations de réutilisation de techniques associées à son programme. On y apprend notamment que des roues à palliers magnétiques jouant un rôle vital dans la stabilisation des satellites se sont avérées utiles pour limiter les bruits et les vibrations de scanners à résonance magnétique pour traiter des patients atteints du cancer. Un enregistreur biomécanique et analogue ayant été mis au point pour étudier et améliorer le travail des astronautes s'est avéré efficace pour ausculter les mouvements d'athlètes professionnels et pour enregistrer des mouvements complexes de cascadeurs dans la production de films (AFP, 1997). Aux États-Unis, un encart publicitaire de Lockheed Martin souligne que leur "technologie de l'ère spatiale" *TA-23 Super Glass* trouve maintenant des applications dans les appareils médicaux, les satellites atmosphériques et les industries de la coupe du bois et du forage.⁷⁹ La NASA laisse également savoir par voie de communiqué qu'une nouvelle technique de biopsie et de mammographie découle directement de recherches menées pour le télescope spatial Hubble (AFP, 1994). Dans le domaine militaire, des ingénieurs de AT&T se sont inspirés des armes chimiques binaires pour entreposer certains composés chimiques dangereux (Frosch, 1995).⁸⁰

⁷⁹ Voir un encart publicitaire paru, entre autres, dans *The New Republic* 212 (21), Issue 4192, May 22 1995, p.2-3.

⁸⁰ Certaines ogives chimiques contiennent ainsi deux composés relativement inoffensifs par eux-mêmes, mais extrêmement destructeurs une fois qu'ils sont combinés. Les ingénieurs d'AT&T ont repris ce principe pour manipuler certains produits toxiques très dangereux, i.e. qu'ils entreposent leurs composantes séparément et ne les combinent qu'au moment de l'utilisation.

Ce genre de transfert n'est évidemment pas limité qu'aux secteurs militaire et spatial. Dans son étude sur la ville néolithique de Çatal Hüyük,⁸¹ l'archéologue James Mellaart (1967: 216) souligne l'influence du travail du bois et de la paille sur la forme des premiers contenants de terre cuite. Elihu Thomson, l'un des principaux techniciens à l'origine du succès de General Electric, remarque en 1869 qu'il ne se passe guère une journée sans que l'on ne découvre un nouvel usage pour l'électricité (Carlson, 1991: 1). Au début du siècle, la fermeture à glissière tarde à s'imposer dans l'industrie du vêtement, le marché visé par ses concepteurs, mais on lui trouve entre-temps des débouchés dans la confection de porte-monnaie, de combinaisons d'aviateurs résistant au vent, de gilets de sauvetage, de bottes de caoutchouc fabriquées par des compagnies de pneumatiques, dans des étuis à crayon et des bâches protectrices pour les bateaux. Ce n'est finalement que vingt années après la mise au point du premier prototype véritablement fonctionnel que le dispositif devient important dans les vêtements pour dames (Petroski, 1992: 92-113).

On peut fournir d'autres exemples. L'industrie italienne des bottes de skis a émergé de la fabrication de chaussures de marche et d'alpinisme, tandis que l'industrie japonaise des monte-charge trouve ses origines chez des fabricants de camions (Porter, 1990: 159). L'industrie aérospatiale de Bristol descend en ligne directe de la tradition d'ingénierie maritime de cette ville (Hall, 1990), tandis que les aciéries de Sheffield ont leur origine dans l'industrie locale de la coutellerie (Piore et Sabel, 1984). L'industrie américaine des bicyclettes de la fin du siècle dernier illustre également le phénomène. Hounshell (1991: 208) relève que ce sont les fabricants d'armes, de machines à coudre et d'autres petits objets manufacturés de la côte Atlantique qui réorienteront leur production vers ce secteur en pleine croissance, tandis que simultanément dans la région des Grands lacs les fabricants de calèches, de wagons de chemin de fer, de jouets de bois et de machineries agricoles feront de même. Ce qui est particulièrement intéressant pour notre propos, c'est que ce seront finalement les producteurs du centre des États-Unis qui auront raison de leurs compétiteurs de la Nouvelle-Angleterre une fois que certains fabricants de Chicago eurent appris à combiner à leurs méthodes de travail une nouvelle technique d'étampage de feuilles d'acier qu'ils avaient observée

⁸¹ Située au cœur du plateau anatolien, la découverte de cette ville néolithique a eu un impact considérable en archéologie et dans l'oeuvre de Jacobs (1969), qui s'en sert comme pierre d'assise pour élaborer sa théorie de la primauté du développement urbain sur l'agriculture. Il semble d'ailleurs que les travaux les plus récents sur ce site tendent à confirmer sa thèse (Kunzig, 1999).

chez d'autres producteurs de leur ville. Cette technique était loin d'être aussi durable ou poussée que les techniques issues de l'industrie de l'armement de la côte Est, mais elle était adéquate et beaucoup moins dispendieuse.

Crevoisier (1993: 101-4) constate le même phénomène dans l'industrie suisse de la montre où les entreprises horlogères ont toujours cherché à mettre en oeuvre le savoir-faire dont elles disposaient dans des domaines différents. La plupart des entreprises ne sortiraient toutefois jamais complètement de l'horlogerie, car cette industrie demeure l'une des plus profitables malgré les aléas de la conjoncture. Crevoisier souligne néanmoins qu'au cours des vingt dernières années certaines firmes se sont reconverties dans les outils de chirurgie, les ressorts industriels, les traitements de surface pour la lunetterie, les stylos, les baromètres mécaniques, la sous-traitance micromécanique, les pompes à insuline, les stimulateurs cardiaques, les aladins, les capteurs et les rétroviseurs spéciaux. Il décrit également (p. 216) le cas d'un capteur accéléromètre miniature que l'on monte sur d'autres appareils dans le domaine médical, dans le domaine des transports (métro, industrie automobile), dans le domaine spatial (capteurs de vibration sur les satellites) et dans l'enregistrement des mouvements sismiques. Asahi-Kasei, l'un des principaux producteurs de textile nippon, produit depuis plusieurs années des matériaux et de construction et des produits de filtration pour des machines servant à faire la dialyse du foie à partir de son savoir-faire antérieur (Kodama, 1992: 76). Gordon Moore, le fondateur et directeur d'Intel, dresse une longue liste des différents usages des puces électroniques que l'on trouve notamment dans les télévisions, les téléphones cellulaires, les appareils domestiques, les automobiles, etc. (Moore, 1996: 55).

Utterback (1979) et Levinthal (1998) remarquent également que la plupart des innovations radicales contemporaines sont ordinairement le fait "d'étrangers" à un secteur industriel qui posent une nouvelle perspective sur un problème. Ce constat n'est toutefois pas nouveau (Basalla, 1988: 28; Jewkes, 1969: 97) et était même partagé, du moins selon McLeod (1992: 290), par tous les observateurs un peu attentifs de l'industrie britannique du siècle dernier.⁸² L'ampleur de l'innovation dans ce contexte doit dès lors être remise en perspective, car elle n'est radicale que pour les experts d'un

⁸² "It was commonly said, in the nineteenth century, that major inventions were all the work of "outsiders" (McLeod, 1992: 290)."

secteur observant le nouvel usage d'une technique souvent ancienne et familière pour des spécialistes d'un autre domaine.

Il n'y a pas à notre connaissance de recension systématique des processus par lesquels ces transferts s'effectuent. Nous avons toutefois trouvé quelques illustrations dans la littérature. C'est ainsi qu'au début des années 1970 l'ingénieur Fred Tapper de la Catalyst Research Company de Baltimore met au point, dans le cadre de ses recherches sur divers types de batteries pour la NASA, une pile au lithium sans usage apparent, mais ayant des particularités bien spécifiques. Ne sachant trop qu'en faire, il contacte un employé du National Institute of Health pour lui parler de sa découverte. Ce dernier lui suggère de contacter Wilson Greatbatch, l'inventeur du stimulateur cardiaque, qui cherchait justement à l'époque un nouveau type de batterie pour son invention. Quelques temps plus tard, la pile au lithium devint une composante fondamentale de ces appareils (Brown, 1988: 33-4).

Wilson Greatbatch est, à l'instar de l'immense majorité des inventeurs, un homme aux intérêts multiples. Après être sorti du champ des stimulateurs cardiaques et de l'ingénierie électrique, il commence à s'intéresser aux sources d'énergie alternatives, dont notamment celles dérivées de la biomasse. Cette démarche le mène éventuellement à l'étude des combustibles alternatifs, et plus particulièrement du méthanol fabriqué à partir de peupliers. Il se met alors à l'étude de la génétique des arbres, ce qui lui ouvre de nouvelles portes comme il le confiera plus tard lors d'un entretien.

Greatbatch: From the biomass energy project, we had developed a sterile tissue-culture laboratory that we used on our next project. There's a fish called the Arctic flounder that swims in water three degrees below freezing in the Arctic Ocean. The fish doesn't freeze because it has certain peptides in its blood which act like an antifreeze. These peptides, and the genes that control them, are well-known. We were approached by a fellow who had wanted to synthesize those genes and put them into orange trees to lower the tree's freezing point. Well, that sounded pretty interesting, so we got involved. It was a disaster, but it did get us into synthesizing genes.

Interviewer: And is that when you started doing AIDS-related research in microbiology?

Greatbatch: One Sunday, I was reading about AIDS research in the paper and thought, My god, some of the things they're trying to do in their research are exactly what we're doing. I called up the guy that we had been doing the

fish work with, and he told me that yes, some of the things we were doing could be useful to AIDS research. So that's when we got into cloning mammalian cells, and that's what we're doing now. It's all connected (Brown, 1988: 40).

Le cas d'une avocate québécoise ayant longtemps travaillé dans des entreprises pharmaceutiques telles que Ayerst et Abbott illustre également bien ce processus. Ayant perdu son emploi, Madame Anne-Marie Thibodeau décide de trouver de nouvelles applications pour son savoir-faire. Elle étudie alors le marché de l'alimentation afin d'y découvrir un créneau inexploité, ce qui la mène éventuellement dans le domaine des plats de légumineuses prêts à servir. Bien que ce domaine soit en apparence fort éloigné du secteur pharmaceutique, ces deux secteurs présentent néanmoins plusieurs traits communs allant de la mise en marché aux paramètres d'emballage en passant par le contrôle de la qualité. Les connaissances acquises préalablement par madame Thibodeau dans le domaine pharmaceutique, que ce soit au niveau de personnes ressources ou des procédés de fabrication, s'avèrent essentielles au succès de son entreprise (Quinty, 1996: 18).

Comme nous l'avons mentionné dans un chapitre précédent, certains auteurs qualifient de "génériques" certaines techniques que l'on retrouve dans plusieurs domaines. Cette façon d'envisager le problème nous semble toutefois trompeuse, dans la mesure du moins où elles ne le deviennent qu'après les efforts inventifs d'individus et non pas de leurs propriétés intrinsèques. Il est toutefois entendu que certains savoir-faire ou matériaux se prêtent mieux à de nouvelles combinaisons que d'autres et que certains individus occupent des positions plus avantageuses pour entrevoir de nouvelles applications pour leur savoir-faire. Thomson (1989; 1991: 1035) a ainsi remarqué dans son étude de l'industrie de la chaussure américaine au siècle dernier que les machinistes étaient plus susceptibles de favoriser la diffusion de techniques entre différents secteurs d'activités que les fabricants de chaussures, parce qu'ils étaient susceptibles d'être confrontés à un plus grand nombre de problèmes et parce que plusieurs inventeurs venaient collaborer avec eux dans leurs usines. Les fabricants de souliers avaient quant à eux beaucoup moins d'occasions d'élargir leurs horizons. La réutilisation des expertises n'est toutefois pas limitée qu'à l'élargissement de la gamme de production d'une entreprise. Comme nous allons maintenant le constater, les mouvements de personnel entre différents secteurs d'activité sont des canaux de transmission tout aussi efficaces.

4.3.2 Des employés salariés vont oeuvrer dans des entreprises de secteurs différents pour utiliser leur savoir-faire dans de nouveaux contextes

La meilleure alternative s'offrant à un entrepreneur pour adapter une technique semblant prometteuse pour sa production, mais issue d'un domaine avec lequel il est peu familier, est de "débaucher" des ouvriers qualifiés familiers avec certaines pratiques. Il est également fréquent que des techniciens veuillent changer de secteur, que ce soit en raison de meilleures opportunités financières ou de la recherche de nouveaux défis. Or comme le souligne au début du siècle l'économiste Alfred Marshall (1923: 10) dans son classique Industry and Trade, un tissu économique complexe facilite paradoxalement davantage la mobilité de la main-d'oeuvre qu'une économie archaïque en raison de la versatilité des équipements modernes.

Thomson (1991: 1035) et Mokyr (1990: 71) résument une vaste littérature décrivant des mouvements intersectoriels de main-d'oeuvre dans l'histoire des techniques. L'un des cas les mieux documentés est celui d'artisans européens de l'horlogerie de la fin du Moyen-Âge et du début de la Renaissance qui furent les pivots de plusieurs nouvelles productions, notamment dans le domaine de l'astronomie, des techniques militaires et de l'optique. La "dynastie Bramah", ainsi nommé en l'honneur de l'un des patriarches de l'industrialisation des îles britanniques Joseph Bramah et des nombreux apprentis qu'il forma, jouera par la suite le même rôle en Angleterre dans des domaines aussi divers que la construction navale, le chemin de fer, les écluses, les machines à travailler le bois, les machines-outils, et l'industrie textile, pour n'en nommer que quelques unes (Mokyr, 1990: 104-5; Smiles, 1865).⁸³ L'historien des techniques David Hounshell (1991) décrit également en détail comment au siècle dernier certains techniciens américains spécialisés dans la production de masse "migrèrent" d'un secteur à l'autre, passant de la production d'armes à feu à celles de pompes, d'écluses, de moissonneuses mécaniques, de machines à écrire et à coudre, de bicyclettes et d'automobiles. Comme le remarque l'historien Glenn Porter en préface à son ouvrage, des techniciens qui avaient appris à utiliser de nouvelles techniques de production et d'organisation les transmirent à certains collègues, qui les diffusèrent à leur tour dans plusieurs domaines (Hounshell, 1991: xv). L'ouvrage de Hounshell a toutefois été contesté, non pas en raison des processus qu'il décrit, mais bien plutôt de leur origine

⁸³ Voir également Smiles (1863) sur ce sujet.

qu'il attribue aux usines d'armement du gouvernement fédéral américain. Son principal critique, mais néanmoins ami, Donald Hoke (1990), remonte plutôt à l'industrie horlogère et aux fabriques de manches de haches de la Nouvelle-Angleterre. C'est ainsi que l'un des pionniers dans ce domaine, Elisha K. Root, sera engagé par Samuel Colt pour adapter les méthodes de production des fabricants de hache à l'industrie de l'armement. On peut également noter que Marconi embauchera des ingénieurs issus du monde de la production et de la distribution de l'électricité pour l'aider à mettre au point la transmission radio transatlantique sans fil (Levinthal, 1998: 231).

Le phénomène est tout aussi présent dans nos économies contemporaines (Langrish et al., 1972: 43; Taylor et Silberston, 1973: 211). Langrish et al. décrivent ainsi comment on trouva de nouveaux usages à une technique de photofabrication.

An example of technological development as a consequence of a new person joining the firm is to be found in English Electric's development of fuses for the protection of semiconductor devices. E. Jacks, then Chief Engineer in the Fusegear Division, had identified the area of printed circuit technology as an area which might provide an answer to manufacture of the fuse elements. Progress was, however, held up because no one in the development team possessed enough skill in the use of photofabrication techniques. This need was overcome when, "by sheer luck", Jacks was interviewing an electrical engineer for a job and the applicant happened to mention casually that he had some skill in industrial photography which he had developed as a hobby. Photofabrication techniques were applied with great success and resulted in a completely novel process in the manufacture of fuse elements (Langrish et al., 1972: 44)

Les déplacements intersectoriels de main-d'oeuvre qualifiée sont donc une réalité indéniable aux conséquences économiques considérables. Ils valident selon nous plus que tout autre argument notre choix méthodologique d'étudier les individus plutôt que les entreprises ou les secteurs industriels.

4.3.3 Les employés d'une entreprise sous-traitante développent ou acquièrent une nouvelle technique et incorporent ce nouveau savoir-faire dans plusieurs domaines;

Bon nombre d'entreprises sous-traitantes sont spécialisées dans la fabrication d'un certain type de composantes ou dans certains processus de production, mais elles ont bien souvent des clients oeuvrant dans différents domaines. Il est donc normal que ces dernières bénéficient d'innovations développées pour résoudre un problème particulier, du développement de nouveaux produits et / ou de l'acquisition de nouvelles techniques chez un sous-traitant. L'estampage hydraulique (ou hydroformage), une forme

d'estampage qui utilise la pression de l'eau pour donner forme à différents matériaux, est un bon exemple d'une technique à partir de laquelle on "développe quotidiennement de nouvelles applications" (Hérault, 1997). Ce processus a l'avantage de donner au métal des formes qu'il serait absolument impossible d'obtenir d'une autre manière. Il permet également de le durcir et de le rendre plus résistant, ce qui permet l'utilisation d'acier de moindre qualité. On comprend donc que les applications d'un tel procédé soient très nombreuses et qu'une entreprise sous-traitante ayant développé cette expertise cherche à l'utiliser auprès de tous ses clients. L'hydroformage est donc de ce fait "intégré" dans les secteurs automobile, aéronautique, etc. Saxenian (1990: 24) rapporte également que les employés de l'entreprise californienne Solectron transfèrent l'expertise acquise auprès d'un client chez ses autres clients "souvent dans des secteurs industriels différents", les faisant ainsi bénéficier de connaissances qu'ils n'auraient pu développer à l'interne. Le processus n'est toutefois pas limité qu'aux entreprises de technologies de pointe. Une entreprise de l'Ohio, *Cold Jet*, a mis au point une technique au jet de glace sèche efficace sur certains types de matériaux pour décaper la peinture, le goudron, la graisse, la résine, les dérivés du pétrole, etc. Ce procédé a jusqu'à maintenant trouvé des applications dans l'industrie aérospatiale, la production de moules, de pneus de même que dans les industries pharmaceutique, pétrochimique, automobile, électronique, de l'alimentation, de la construction et quelques autres.⁸⁴

Crevoisier (1993) illustre ce processus plus en détail en décrivant le cas d'une entreprise sous-traitante dans l'industrie horlogère où l'on mit au point une commande numérique spécifiquement conçue pour les applications tridimensionnelles. Ce nouveau processus fut éventuellement remarqué (l'auteur ne précise toutefois pas à quelle occasion) par des fabricants de pièces aéronautiques. Comme le raconte l'un des dirigeants du fabricant de composantes horlogères:

Puis il est venu des gens (...) qui nous ont dit: "Votre usinage tridimensionnel à haute vitesse nous intéresse beaucoup, mais nous on fait pas du tout ce genre de produit, on n'est pas du tout actifs dans le moule, nous on fabrique des pièces aéronautiques. Alors on aimerait utiliser votre vitesse de broche et votre capacité d'interpolation de la commande numérique pour faire des pièces en aluminium, des contournages tout bêtes". Bon, on a regardé le problème et effectivement on a réalisé des temps d'usinage qui étaient totalement révolutionnaires pour eux, mais nous on ne savait pas qu'on avait ce potentiel chez nous. Et on a réalisé les premiers tests pour eux en

⁸⁴ D'après un entretien avec la présidente et le responsable des ventes de Décapage Laval, entreprise québécoise commercialisant localement le procédé.

usinage 2 axes mais avec des poches compliquées, avec des contours compliqués en 2 axes... mais en utilisant le potentiel de calcul de la commande numérique et la grande vitesse de la broche, plus le choix des bons outils, les bons chemins de fraise, etc., enfin toutes les choses annexes qui font partie d'une technologie complète. Et là on a réalisé des résultats fabuleux pour eux. On a commencé à avoir un potentiel important (...) et on a créé en fait un second marché (...). En fait le développement a été fait pour le mouliste. Mais ce deuxième élément est en train de prendre la vedette à notre élément de base (Crevoisier, 1993: 162).

4.3.4 Les employés d'une entreprise observent un produit ou un procédé utilisé dans un autre contexte et l'adaptent à leur production, avec ou sans la collaboration d'employés oeuvrant dans le domaine d'origine

Plusieurs inventeurs et techniciens expérimentés soutiennent qu'il leur suffit de regarder un nouveau produit ou un nouveau mécanisme pour en entrevoir de nouvelles applications. Shane (1999) remarque ainsi dans son étude de cas sur les diverses utilisations du "three dimensional printing process" (3DP) que plusieurs experts issus de différents domaines en ont immédiatement entrevu un nouvel usage dans leur secteur.⁸⁵ L'inventeur Jerome Lemelson raconte également que la première fois qu'il aperçut un tour contrôlé par des cartes perforées (*punch-card-controlled lathe*), il en entrevit aussitôt des applications dans de nombreux domaines, tels que les machines outils, le moulage et l'extrusion du plastique, les laminoirs et la fabrication de circuits électroniques (Brown, 1988: 138).

L'observation et l'incorporation de nouveaux processus et matériaux dans une technique antérieure s'inscrit évidemment dans la logique de l'emprunt analogique. Certains emprunts sont toutefois davantage conceptuels que directs. Les premiers balbutiements de l'informatique illustrent bien ce processus. On raconte ainsi que le surintendant Prony fut chargé au début du dix-neuvième siècle par le gouvernement français de préparer une série de tables logarithmiques et trigonométriques qui faciliteraient la

⁸⁵ "In none of the cases did an entrepreneur indicate that he or she was searching for the opportunity prior to its discovery. For example, Mike Parrish (SPECIFIC SURFACE) explains, "When Mike Cima showed me MIT's 3DP machine, I just thought that this would make great filters... The point is, we never searched for this opportunity"... [Each] of the entrepreneurs heard about the technology from someone directly involved in its development, and recognized the opportunity immediately upon hearing about it. For example, Yehorem Uziel (SOLIGEN) explains, "When Ely Sachs showed me MIT's 3DP process, I just saw immediately that there was an opportunity to make functional metal parts directly from a computer." When asked why they were able to discover opportunities when they were not searching for them, the respondents... indicated that they simply recognized the opportunity, almost by accident, as if they were surprised by the discovery (Shane, 1999).

transition au système décimal. Or il s'avéra rapidement que la tâche serait herculéenne (et de fait, le résultat final allait remplir plus de 17 volumes). C'est à ce moment que le hasard facilita la démarche de l'intendant, lorsqu'il feuilleta par hasard le chapitre de la Richesse des Nations de l'économiste Adam Smith contenant le passage sur la fabrique d'épingles. Selon le pionnier de l'informatique Charles Babbage: "À peine avait-il parcouru les premières pages, que, par une espèce d'inspiration, il conçut l'expédient de mettre ses logarithmes en manufacture comme les épingles" (cité par Rosenberg, 1994: 39). Plus près de nous, certains employés du fabricant d'articles de sports japonais Mizuno se sont inspirés d'un certain design aéronautique pour concevoir un nouveau type de fabrique pour costumes de bain pour femmes réduisant la friction de l'eau (Ma, 1998: 92).

4.3.5 Les employés d'entreprises oeuvrant dans des secteurs différents collaborent dans la mise au point d'un nouveau produit ou procédé

Nous avons vu qu'il est tout à fait commun que des gens ayant des compétences techniques diverses collaborent au sein d'une entreprise pour concevoir de nouveaux produits. En fait, Weber et Perkins (1992: 322) relèvent au terme de leurs entretiens avec un certain nombre d'inventeurs que bon nombre d'entre eux recherchent délibérément la collaboration de spécialistes d'autres domaines. Il est donc fréquent que des travailleurs autonomes, des professionnels ou du personnel technique de différentes entreprises collaborent pour fusionner différents savoir-faire. James Watt quitta ainsi Glasgow pour Birmingham afin de collaborer avec le fabricant de canons Wilkinson (Rosenberg, 1976: 200; Smiles, 1863: 179-181). Miller et Côté (1987: 93-4) rapportent qu'à Minneapolis le savoir-faire d'individus oeuvrant dans l'industrie électronique a été abondamment utilisé dans l'industrie biomédicale. Comme nous l'avons mentionné dans le premier chapitre, la collaboration entre techniciens de plusieurs firmes japonaises issues de domaines différents a été cruciale dans la mise au point de fibres optiques et d'autres technologies. Kodama (1992: 77) fournit certains détails sur quelques collaborations:

The fiber-optic cable developed by Nippon Sheet Glass (NSG) in the 1970s lacked mechanical strength, and the quality of the transmission over long distance was poor. So cable maker Sumitomo Electric Industries (SEI) developed a coating technology that strengthened the cable, solving the mechanical fragility problem. [Nippon Telephon and Telegraph] and SEI together solved the transmission loss problem through a joint research effort using longer wavelengths... Fanuc played a pivotal role in the evolution of

the computerized numerical controller in the 1970s, even though it was a small company. In one project, Fanuc teamed with Nippon Seiko (NSK), Japan's leading maker of bearings, to develop a new way to harness the controller's stepping motor to the machine tool's worktable... Nissan took the lead in a fusion project with ceramic suppliers Nihon Tokushy Tohyou Company... and Nihon Gaishi Company... to develop a ceramic rotor for its turbocharger that was both lighter and stronger and allowed for faster acceleration than the traditional alloy rotor...

Plus près de nous, la présidente du Centre de promotion du logiciel québécois Michèle Guay nous rappelle que "la plupart des entreprises [québécoises de logiciels] sont nées de l'association entre un professionnel insatisfait (ingénieur, médecin, designer, etc.) et un informaticien, souvent un ami ou un membre de la famille" (Cousineau, 1996: 21). Le cas des Systèmes Purkinje, du moins en 1994, est particulièrement éclairant. Son président et fondateur, le docteur Rénald St-Arnaud (qui est également ingénieur informatique) travaille depuis plusieurs années à mettre au point le Dossier Clinique Informatisé (DCI), un logiciel visant à automatiser la tâche des médecins en clinique externe. Le DCI vise en fait à permettre aux médecins de faire l'entrée directe d'informations essentielles, comme le motif de la consultation, les antécédents personnels, les signes de maladie, etc. À l'aide du DCI et d'un stylo spécial, le spécialiste prend des notes sur un ordinateur muni d'une ardoise électronique capable de reconnaître l'écriture. Il est également à même de remplir certaines fonctions administratives (prises de rendez-vous, facturation, intercommunication logistique, etc.), de réduire la possibilité d'erreurs grâce à un système de validation des données, et d'avoir accès à une banque de données comprenant un répertoire de milliers de médicaments et de maladies. Purkinje comptait en 1994 une soixante d'employés, pour la plupart informaticiens et médecins. Deux cent autres médecins participaient de l'extérieur à titre de consultants (DuPaul, 1994).

Une dépêche de la Presse Canadienne nous apprenait également en 1997 que la firme de téléphonie sans fil Microcell Télécommunications et le câblodistributeur Vidéotron allaient entreprendre des essais techniques sur un circuit local sans fil qui utilise des éléments du service de communications personnelles Microcell et du réseau de câblodistribution de Vidéotron. Il s'agissait alors, du moins selon les protagonistes impliqués, d'un "concept inédit en Amérique du Nord" qui devait permettre d'augmenter la capacité du service de télécommunications sans fil de Microcell à très bon coût parce qu'elle utiliserait surtout des structures existantes (Tison, 1997).

Il est toutefois entendu que la collaboration entre individus issus d'entreprises et de secteurs différents peut également prendre la forme de stages dans l'une ou l'autre entreprise, comme le remarquent Langrish et al. (1972: 46) à l'aide de quelques illustrations.

4.4 Sur les entraves à la combinaison de techniques

Nous ne pouvons terminer cette section sans émettre quelques constats sur les clivages disciplinaires et sectoriels trop étanches. Le premier a été formulé par Langrish et al. (1972) au terme de leurs études de cas. Ils remarquent ainsi d'un point de vue pratique que la meilleure façon d'amoinrir les mouvements de personnel d'un secteur à un autre est sans doute de revoir les schèmes de pension des grandes entreprises et des établissements universitaires (p.48). Ils ajoutent également que les techniciens et les chercheurs devraient faire des efforts particuliers pour sortir de leur milieu et assister aux principaux événements (foires commerciales et congrès) de secteurs présentant certaines similarités. Ils suggèrent ainsi aux spécialistes du soufflage du plastique d'assister aux foires commerciales reliées à la fabrication du pain.

L'inventeur Marcian Hoff, le père du microprocesseur, tient également des propos intéressants sur la combinaison de techniques en soulignant que les recherches vraiment intéressantes requierent toujours un bagage multidisciplinaire, tandis que les problèmes intéressants sont toujours situés dans les zones grises entre les disciplines (Brown, 1988: 291). L'économiste Nathan Rosenberg (1994: 152) abonde dans le même sens en contrastant le milieu académique et l'entreprise privée en tant que supports institutionnels de la combinaison des techniques. Selon lui, le secteur privé américain jouit d'un avantage considérable pour faciliter la multi-disciplinarité des recherches, car on y envisage pas les frontières disciplinaires comme des absolus. Il y serait donc beaucoup plus facile de regrouper des gens ayant des expériences très diverses, car on les évalue selon leur capacité à résoudre des problèmes importants davantage que pour leur contribution sectorielle.

Le phénomène n'est toutefois pas limité qu'aux laboratoires de recherche. L'entreprise de consultation la plus prestigieuse au monde, McKinsey & Co., a ainsi mise en place depuis une dizaine d'années une politique de recrutement très agressive pour attirer des gens ayant des formations très différentes du M.B.A. traditionnel. L'une de leurs

directrices de la formation du personnel de consultation soutient ainsi qu'une équipe de travail composée de diplômés en ingénierie, en administration et en littérature est davantage susceptible de "développer une approche beaucoup plus intéressante pour résoudre un problème" (McKinsey, 1999: 9, notre traduction). On note d'ailleurs que, selon la même source, l'entreprise aurait eu beaucoup de succès à recruter des candidats brillants, mais dont les intérêts interdisciplinaires ont été brimés dans le monde académique.

4.5 Conclusion

Nous avons vu à maintes reprises que tout acte créatif implique une combinaison. Bien que plusieurs auteurs aient constaté le phénomène et aient élaboré plusieurs théories et de concepts pour en rendre compte, la meilleure façon de le comprendre est selon nous de se resituer dans la perspective d'un créateur trouvant un nouvel usage pour son savoir-faire et / ou y intégrant quelque chose de nouveau. Il peut pour cela collaborer avec des collègues possédant différentes expertises oeuvrant au sein de son entreprise. Ces processus se concrétisent également de cinq façons dans la sphère commerciale: 1) les employés d'une entreprise trouvent de nouvelles applications pour leur savoir-faire et se lancent eux-même dans la fabrication; 2) des employés salariés vont oeuvrer dans des entreprises de secteurs différents pour utiliser leur savoir-faire dans de nouveaux contextes; 3) les employés d'une entreprise sous-traitante développent ou acquièrent une nouvelle technique et transfèrent ce nouveau savoir-faire à leurs clients oeuvrant dans différents domaines; 4) les employés d'une entreprise observent un produit ou un procédé utilisé dans un autre contexte et l'adapte à leur production, avec ou sans la collaboration d'employés oeuvrant dans le domaine d'origine; 5) les employés d'entreprises oeuvrant des secteurs différents collaborent dans la mise au point d'un nouveau produit ou procédé. On comprend donc mieux pourquoi la science n'a souvent qu'une importance marginale dans l'innovation technique, car cette dernière se construit le plus souvent en combinant des techniques antérieures.

Nous ne concluons évidemment pas de notre analyse qu'un individu ne doit pas se spécialiser dans un domaine, car cela ne produirait que des techniciens médiocres. Il nous semble toutefois logique de croire qu'une fois qu'un individu a bien maîtrisé une technique ou un domaine, sa mobilité intersectorielle pourrait parfois le rendre encore plus valable dans un autre contexte tout en lui offrant de nouveaux défis. S'il est sans doute impossible de planifier la combinaison de techniques, on devrait toutefois éviter

d'ériger des barrières institutionnelles au processus. Nous pouvons maintenant aborder l'impact du milieu local sur ces processus.

CHAPITRE 5: PROXIMITÉ GÉOGRAPHIQUE, ÉCONOMIES D'URBANISATION ET INNOVATION TECHNIQUE

An art which cannot be specified in detail cannot be transmitted by prescription, since no prescription for it exists. It can be passed on only by example from master to apprentice. This restricts the range of diffusion to that of personal contacts, and we find accordingly that craftsmanship tends to survive in closely circumscribed local conditions.

- Michael Polanyi. 1964 [1958]. Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy. New York: Harper and Row, p. 52.

Le fait que le milieu urbain est plus favorable à la diffusion des innovations techniques que le milieu rural ne nécessite pas de démonstration: il est difficile de concevoir qu'il pût en être autrement. Plus délicat, en raison même de cette évidence qui a entraîné une rareté d'études empiriques spécifiquement consacré à ce problème: prouver une évidence n'est pas très passionnant; de plus, il est souvent plus difficile de suivre le cheminement d'une innovation que de déterminer le lieu de son origine.

- Paul Bairoch. 1985. De Jéricho à Mexico. Villes et économies dans l'histoire. Paris: Gallimard, p. 420.

Nous avons jusqu'à maintenant traité des processus de combinaison de techniques. Nous allons maintenant aborder plus en détail l'impact d'une ville diversifiée sur ces processus. La littérature sur le sujet est encore une fois vaste, car l'urbanisation est l'une des principales récurrences en matière de développement économique. Nous verrons donc plus en détail dans ce chapitre les facteurs statiques d'agglomération et l'incidence de la proximité géographique sur la transmission du savoir-faire avant d'aborder l'impact d'un milieu diversifié sur la combinaison de techniques.

5.1 Facteurs statiques d'agglomération: les économies d'agglomération

La croissance économique n'a jamais été spatialement uniforme, car on l'a toujours retrouvée dans des lieux "souvent inscrits dans un même périmètre, selon une répétition frappante au cours de l'histoire" (Scardigli et alii, 1993: 40). Giraud (1987: 13) rappelle que les villes ont toujours été omniprésentes dès qu'il y a eu une économie agricole digne de ce nom "dans toutes les régions du monde, dans tous les systèmes, à tous les moments de l'histoire". Et l'historien Fernand Braudel de renchérir qu'indépendamment du lieu ou de l'époque, "tous les grands moments de la croissance s'expriment par une explosion urbaine" (Braudel, 1979: 421), ce qui remet en perspective les propos de

certain auteurs selon qui nous vivons maintenant à l'ère de la "métropolisation" (Claval, 1989) et des "villes globales" (Sassen, 1991). Il y a plusieurs théories expliquant la persistance de l'urbanisation, mais la plus répandue est celle des "économies d'agglomération" (Polèse, 1994).⁸⁶ Les économies d'agglomération sont ce que les économistes appellent des "externalités", concept renvoyant à des facteurs indivisibles dont un agent économique subit l'effet positif ou négatif et qui ne seraient pas reflétés de manière adéquate par le mécanisme des prix, quoique le coût d'occupation d'un lieu reflète bien ces externalités au niveau géographique. En analyse urbaine et régionale, on insiste plus particulièrement sur deux types d'externalités pour comprendre les disparités régionales: les économies de localisation et d'urbanisation.

5.1.1 Économies de localisation (ou de juxtaposition) et d'urbanisation

Plusieurs analystes ont depuis longtemps relevé la concentration géographique d'entreprises d'un même secteur industriel flanquées de secteurs connexes leur étant intimement reliées. Scott (1988:74) note ainsi dans le district new-yorkais du vêtement la présence de firmes spécialisées dans le design, l'exposition, la vente, l'entreposage et le transport de textiles, le nettoyage à l'éponge (pour rétrécir le tissu), la fourniture de mannequins, de fils, d'aiguilles, de broderies, de décorateurs et de ceintures, auxquelles s'ajoutent des réparateurs de machinerie et plusieurs autres spécialités connexes. Larsens et Rogers (1985: 201) soulignent quant à eux l'importance à Silicon Valley d'ateliers aseptisés, des livraisons quotidiennes de gaz liquide, d'ateliers mécaniques locaux où le travail s'effectue au micromètre près, de sociétés de transport d'équipements délicats, de sociétés d'investissement, d'agences de publicité et de relations publiques spécialisées dans la haute technologie, de juristes spécialisés dans le lancement d'entreprises et de plusieurs autres activités de support à l'industrie informatique.

Le phénomène n'a évidemment rien de nouveau, car l'économiste Alfred Marshall (1971 [1908]: 462) écrit au début du siècle que l'on trouve un "pareil état de choses... dans l'histoire des civilisations orientales, et dans l'histoire de l'Europe au Moyen Âge". Marshall renvoie au texte d'un homme de loi au milieu du treizième siècle décrivant plusieurs districts industriels à travers l'Angleterre, notamment celui du drap écarlate à

⁸⁶ Cette question est fondamentale et abordée en détails dans tous les manuels traitant de la dimension spatiale de l'activité économique. Pour des recensions récentes de la littérature sur le sujet, voir notamment Henderson (1997), Malmberg (1996; 1997) et Polèse (1994).

Lincoln; du blanchet à Bligh; du "burnet" à Beverley; du drap rustique à Colchester; de la toile à Shaftesbury, à Lewes et à Aylsham; de la corde à Warwick et à Bridport; des couteaux à Marstead; des aiguilles à Wilton, des rasoirs à Leicester; du savon à Coventry; des sangles de chevaux à Doncaster; des peaux et fourrures à Chester et Shrewsbury; et ainsi de suite. Marshall souligne également l'existence d'une autre nomenclature des "industries localisées" anglaises rédigée par Defoe au début du XVIII^e siècle.

On explique généralement le phénomène par la présence "d'économies de localisation", soit des gains de productivité propres aux établissements d'une même industrie résultant de leur concentration à un endroit donné. Bien que la localisation des ressources naturelles soit parfois primordiale, comme dans l'industrie minière par exemple, le phénomène semble avoir touché toutes les industries dans leur phase initiale de développement. La paternité de l'analyse de ce type d'externalités est généralement attribuée à Alfred Marshall (1971) qui en souligne quatre avantages: 1) les habiletés héréditaires; 2) la naissance d'industries subsidiaires; 3) l'emploi d'instruments très spécialisés; 4) un marché local pour la main-d'oeuvre spécialisée. Ces externalités sont internalisées au niveau de l'industrie, mais demeurent des externalités pour chaque entreprise. Il est également intéressant de relever que la concentration géographique d'une industrie est généralement caractérisée par la plus petite taille des entreprises (Hoover et Giarratani, 1984; Polèse, 1994), quoique l'on trouve toujours quelques entreprises de grande taille dans les districts les plus prospères, car une entreprise ayant du succès connaîtra toujours une croissance importante. Le point crucial des économies d'urbanisation est toutefois qu'elles ne font ordinairement une véritable différence qu'au terme d'un processus cumulatif, comme le résume bien un cadre de Silicon Valley en comparant sa région d'attache à la Route 128 du Massachusetts.

It's very difficult for a small company to survive in [large firms dominated Route 128], where you can't get components easily. It's not any one individual thing. It's the amount of energy it takes to get everything... There are a large number of experienced people here who have retired but are still active in the industry and are available as consultants, members of board of directors, or venture capitalists. There is a huge supply of contract labor - far more than on Route 128. If you want to design your own chips, there are a whole lot of people around who just do contract chip layout and design. You want mechanical design? It's here too. There's just about anything you want in this infrastructure. That's why I say it's not just one thing. It's labor, it's materials, it's access to shops, and it's time.

You can get access to these things [in Route 128] sooner or later, but when you're in a start-up mode, time is everything. Time-to-market is right behind cash in your priorities as a start-up. When things are right down the street, decisions get made quickly. *It's not one thing, but if you spend lots of time on airplanes and on the phone, playing phone tag, you can get an overall 20-30 percent slowdown in time-to-market* (Saxenian, 1994: ix-x, nos italiques)

Bien qu'un grand nombre d'industries soient concentrées géographiquement, toutes les grandes villes comptent un nombre important d'activités variées et sans liens apparents. Cette agglomération d'industries diversifiées profitera à l'ensemble d'une région urbaine, mais ces retombées seront externes aux secteurs industriels pris individuellement. Les cas les plus patents se trouvent au niveau du partage de certaines infrastructures, notamment en matière de transport (ports et aéroports), d'équipements culturels ou éducatifs, d'hôpitaux, etc. On les retrouve également au niveau de firmes de services (comptabilité, informatique, services juridiques, marketing, relations publiques, etc.) ayant une clientèle très diversifiée. On parle alors "d'économies d'urbanisation".

5.1.2 Synthèse et nouvelles avenues de recherche

Comme le rappelle Polèse (1994), si les économies d'agglomération procurent indéniablement des avantages aux entreprises et aux populations des grands centres urbains s'exprimant par des niveaux de productivité plus élevés, leur analyse se fait souvent *a posteriori* et de façon inductive. La taille d'une ville et la concentration d'une industrie dans une localité "prouveront" l'existence du phénomène, mais sans qu'on puisse, règle générale, vérifier le caractère précis de ces externalités. Il n'est donc pas étonnant que plusieurs auteurs aient noté le côté tautologique de l'argumentation.

Les économies d'agglomération ne sont évidemment pas infinies. Des externalités négatives (congestion routière, pollution, hausse du coût des terrains et de la main-d'oeuvre, etc.) finissent inmanquablement par apparaître et provoquent un processus de débordement vers les banlieues et / ou certaines régions périphériques. Il est toutefois logique de postuler que, du simple fait de leur existence, les économies d'agglomération contrebalancent souvent amplement les externalités négatives dans les régions plus denses économiquement. Il est également acquis depuis longtemps qu'il n'y a pas de taille optimale des villes, ce qui est optimal pour une époque ne l'étant pas pour une autre, en raison principalement du progrès technique.

Si le schéma théorique fourni par les économies d'agglomération est plausible, il ne peut toutefois expliquer entièrement la concentration spatiale de l'activité économique, car les nombreux gains de productivité dans le transport de l'information, des individus et des marchandises auraient dû mener depuis longtemps à l'éclatement des villes. On doit donc identifier d'autres facteurs explicatifs. Les plus plausibles semblent être la sensibilité de l'information à la distance et l'importance de la proximité géographique dans l'établissement des rapports humains.

Dans une revue de la littérature ancienne sur la technologie et le développement régional, Malecki (1983: 95) relève que les recherches sur la communication entre individus et entrepreneurs avaient convaincu les chercheurs que les flux d'information et leurs effets de voisinage ou d'étalement n'étaient pas très importants comme facteurs économiques de diffusion. Cette vision des choses sera complètement retournée au début des années 1980 avec la publication de nombreux ouvrages reprenant l'analyse marshallienne et insistant sur les mérites du développement local endogène plutôt que sur les facteurs traditionnels de localisation. L'importance de la proximité spatiale pour les contacts potentiels, les conventions, les échanges d'information et les valeurs communes sera dorénavant jugée plus importante que la simple réduction des coûts de transport. On assiste donc depuis une quinzaine d'années à un foisonnement d'articles, de livres et de colloques où l'espace géographique n'est plus envisagé comme une simple affectation de ressources, mais comme un support important dans la création de ressources en raison de l'importance de la proximité pour la diffusion d'un certain type d'information riche et non-réductible à une formalisation sommaire (Malmberg, 1996; 1997).

5.2 Le capital humain: connaissances tacites et savoir-faire

5.2.1 Définitions des concepts

Chaque être humain se constitue un bagage de connaissances au cours de sa vie. Certaines sont explicites, i.e. qu'elles peuvent être exprimées sous forme de mots, de symboles, d'équations, de diagrammes et de programmes informatiques et peuvent être emmagasinées, copiées et transférées sans interaction face-à-face. D'autres ne sont pas formulées explicitement, que ce soit pour préserver le secret professionnel, de la difficulté à les formaliser ou du coût prohibitif d'une telle démarche. On parlera alors de connaissances tacites et de savoir-faire. Nous définissons les connaissances tacites comme l'ensemble des connaissances non-formalisées relatives à la production de

biens et de services. Elles comprennent à la fois des connaissances liées directement au processus de production et aux êtres humains entourant ce processus. Elles résultent de l'accumulation d'expériences dans le domaine de la conception, de la production et de la transmission de techniques. Leur création dépend fortement du lieu où elles sont constituées et des conditions de leur mise en oeuvre. Elles comprennent la connaissance des échecs passés, mais également la meilleure façon de traiter avec un fournisseur difficile ou la secrétaire d'un client, ou encore d'être au fait de l'existence de personnes ressources utiles. Nous nous attarderons toutefois davantage sur une catégorie de connaissances tacites, le savoir-faire technique qui, bien qu'il comporte un ensemble de connaissances formalisées, découle principalement d'expériences appliquées acquises dans différents domaines et contextes, que ce soit au travail ou lors de cours d'appoint ou de la pratique de certains loisirs.

Un individu développe son savoir-faire en toutes circonstances, que ce soit lors de l'apprentissage formel, de la résolution de problèmes, de l'adoption et l'adaptation de nouvelles techniques et de nouveaux matériaux, de l'implantation de nouveaux systèmes de gestion, d'un changement de poste, de l'occupation d'un nouvel emploi, d'échecs mineurs ou monumentaux, etc. Le savoir-faire est donc cumulatif et dépend essentiellement du "spécifique et du particulier" acquis lors "d'innombrables petits ajustements", requérant non seulement de "l'apprentissage par la pratique", mais également de "l'apprentissage par l'usage" lors d'interactions directes dans le design, la production et l'usage de produits ou de procédés. Si l'acquisition du savoir-faire est intimement liée à l'attitude du travailleur face au changement et à la nouveauté, elle dépendra également du contexte dans lequel évolue le travailleur (usine, laboratoire, atelier, etc.) et ne pourra jamais se reporter parfaitement d'un individu à un autre oeuvrant dans un contexte différent. Le savoir-faire est donc toujours "localisé" et n'est jamais complètement réutilisable de façon identique (Crevoisier, 1993; MacKenzie et Spinardi, 1995; Von Hippel, 1994).

5.2.2 De l'importance des connaissances tacites et des savoir-faire

L'apprentissage et l'innovation sont des processus non routiniers demandant une interaction souvent continue et prolongée entre individus. L'information cruciale y est le plus souvent complexe et non réductible à des procédures explicites, et n'est donc le plus souvent pas la connaissance standardisée ou scientifique. L'économiste Friedrich Hayek (1991: 251) remarque ainsi que nous réalisons tous à quel point nous devons

toujours apprendre sur le métier après avoir reçu une formation théorique et combien la connaissance de personnes ressources, des conditions locales et des circonstances particulières sont des atouts appréciables pour réussir dans tous les domaines. Bon nombre d'auteurs ont donc souligné l'importance primordiale des connaissances tacites et des savoir-faire pour la création et l'usage des techniques.⁸⁷ L'informaticien Subrata Dasgupta (1996: 167) écrit ainsi que l'*homo sapiens* n'est pas devenu *homo faber* en raison de ses connaissances des lois naturelles et de sa capacité à manipuler des symboles abstraits, mais en raison de sa connaissance intime des objets et des matériaux et de sa capacité à connaître ou à découvrir comment des formes ayant des caractéristiques précises pouvaient être réalisées.

L'historien des techniques George Basalla (1988: 83) remarque également que la technique ne peut jamais être complètement traduite en mots, en images ou en équations mathématiques. Le technicien possédant une grande expérience pratique, que ce soit de la machinerie textile du dix-huitième siècle ou des ordinateurs contemporains, est toujours indispensable à la dissémination des innovations techniques. Basalla ajoute également que si une portion notable des techniques modernes peut être glanée dans les livres, les manuels, les articles ou les brevets, personne ne peut prétendre comprendre véritablement une technique sans une grande expérience pratique et sans avoir bénéficié oralement du savoir-faire d'autres individus expérimentés. George Sturt, dans son classique Wheelwright's Shop a également décrit ces processus en détail au début du siècle:

What we had to do was to live up to the local wisdom of our kind; to follow the customs, and work to the measurements which had been tested and corrected long before our time in every village shop all across the country... A good wheelwright knew by art but not by reasoning the proportions to keep between spokes and felloes; and so too a good smith knew how tight a two-and-a-half inch tyre should be made for a five foot wheel and how tight for a four-foot and so on. He felt it in his bones. It was a perception with him... Every detail... had to be learnt either by trial and error or by tradition (Sturt, 1923; cité par Dasgupta, 1996: 13-14).

L'impact théorique le plus important des travaux sur l'utilisation des savoir-faire a sans doute été d'abolir la dichotomie longtemps courante en sciences sociales entre la

⁸⁷ Voir notamment Basalla (1988), Crevoisier (1993), Dasgupta (1996), Ferguson (1977; 1992); Fores (1982), MacKenzie et Spinardi (1995), Parayil (1991), Polanyi (1964), Rosenberg (1976; 1982; 1994), Toupin (1994), Vincenti (1990), Von Hippel (1994), Von Hippel et Tyre (1996).

production et l'utilisation des connaissances et d'avoir sérieusement mis en doute une certaine vision de la technique la présentant comme de la "science appliquée" (Fores, 1982; MacKenzie et Spinardi, 1995; Parayil, 1991). L'utilisation de nouvelles techniques n'est donc plus vu comme une simple application de recettes issues du labeur de chercheurs, mais bien plutôt comme un processus d'apprentissage et de collaboration entre usagers et fournisseurs, de même que de résolutions de problèmes et d'innovation reposant sur un savoir-faire préalable permettant de raffiner, de perfectionner et de développer le fonctionnement d'une nouvelle technique. Il est toutefois entendu que certains outils, tels l'ordinateur personnel ou les machines à commandes numériques, se plient plus facilement à des usages créatifs ou originaux que certains autres, tels des robots de peinture industriels. On aurait cependant tort de négliger la capacité créatrice de certains individus qui peuvent très bien trouver de nouveaux usages pour des machines en apparence peu flexibles.

5.2.3 Sur la transmission du savoir-faire

Les employés de chaque entreprise produisent une masse abondante de documentation écrite prenant diverses formes (plans, tableaux de productivité, manuels d'instruction, statistiques, rapports, etc.). Cette information codifiée est évidemment plus fiable que la mémoire humaine, demeure indispensable au bon fonctionnement de toute organisation complexe et est facilement transmissible dans l'espace géographique. Comme nous l'avons cependant souligné, une composante essentielle des processus de création et de transmission de l'information technique n'est toutefois pas réductible à une telle codification abstraite, que ce soit parce qu'il est impossible ou tout simplement trop coûteux de le faire. Si les systèmes informatiques et les bases de données sont souvent essentiels pour l'innovation, ils sont toutefois le plus souvent insuffisants en eux-mêmes. L'ingénieur et historien des techniques Eugene Ferguson (1992: 56) a résumé cette problématique de façon concise en disant qu'il fut chanceux d'apprendre rapidement que la première réponse intelligente d'un ingénieur écoutant la description d'un problème par un ouvrier est: "Allons voir". Selon Ferguson, la seule façon de résoudre efficacement un problème est de le confronter directement, car ce n'est que de cette façon que les complexités du monde réel, i.e. les choses qui ne peuvent être transmises par des dessins industriels et des équations, peuvent être comprises.

Plusieurs analystes et praticiens soulignent également que les moyens de communication modernes sont toujours inadéquats pour des processus essentiellement

interactifs comme la création et la transmission de savoir-faire (Von Hippel, 1988; 1994). Un questionnaire de la Digital Equipment Corporation localisé dans Silicon Valley tient des propos révélateurs à ce sujet:

Physical proximity is important to just about everything we do. I have better relationships with Silicon Valley companies that I have even with my own company [DEC] because I can just get in the car and go see them. The level of communication is much higher when you can see each other regularly. You never work on the same level if you do it by telephone and airplane. It's very hard to work together long distance. You don't have a feel for who the people are, they are just disembodied voice... An engineering team simply cannot work with another engineering team that is three thousand miles away, unless the task is incredibly explicit and well defined - which they rarely are. If you're not tripping over the guy, you're not working with him, or not working at the level that you optimally could if you co-located (Saxenian, 1994: 157).

Il semble donc que, malgré les prétentions de certains auteurs (Cairncross, 1997; O'Brien, 1992), rien n'indique que les techniques modernes de transport de l'information et des individus ne soient encore des substituts convenables à l'interaction fréquente et prolongée, même dans un secteur aussi immatériel que celui des services (Coffey et Shearmur, 1997). La tendance n'est évidemment pas nouvelle, car l'économiste Robert Haig (1926) avait relevé le même phénomène il y a plusieurs décennies dans le district financier de Wall Street.

Ce qu'il faut à notre avis retenir de la transmission du savoir-faire technique est qu'elle implique bien plus qu'un ensemble de plans, manuels, devis ou rapports de recherche pouvant être appliqués sans problème par des techniciens certifiés où, pour reprendre la formule consacrée chez bon nombre d'économistes, "le savoir est coûteux à produire, mais peu coûteux à reproduire".⁸⁸ Seule une partie de la technique est codifiée par des moyens "non-personnalisés" de communication ou communiquée aux étrangers au processus de production lui-même, car l'enseignement que l'expert transmet au novice comprend la démonstration, le faire faire, tout un ensemble d'explications, d'anecdotes et le développement de l'intuition et du jugement. Il n'y a toujours qu'un nombre limité de personnes véritablement en mesure de comprendre un problème et ces dernières transmettent leurs expériences de manière informelle par contact face-à-face (Polanyi, 1964; Von Hippel, 1994). Comme le souligne Cornish (1997: 147), ces connaissances

⁸⁸ "Knowledge is expensive to produce but cheap to reproduce."

cruciales, particulièrement pour des produits industriels complexes et coûteux, ne sont souvent pas non plus des données pouvant être colligées par le biais d'études de marché ou de *focus groups*.

L'une des principales conséquences de l'importance des connaissances tacites est que le savoir-faire est condamnée à disparaître lorsqu'il n'est pas utilisé et transmis par interaction face-à-face.⁸⁹ Polanyi (1964: 53) remarque ainsi que malgré les efforts de plusieurs scientifiques, personne n'est aujourd'hui capable de produire un violon de la qualité de ceux que l'artisan semi-illettré Stradivarius fabriquait quotidiennement il y a quelques siècles. Rosenberg (1976) souligne également que malgré l'abondance de documents et d'outils artisanaux servant à la fabrication de tonneaux de bois, plus personne ne sait aujourd'hui les utiliser convenablement. Il ne faudrait toutefois pas croire que l'impossibilité de reproduire certains artefacts n'est liée qu'au talent exceptionnel de leur créateur ou au caractère artisanal d'une production. MacKenzie et Spinardi (1995) ont ainsi noté le même phénomène dans le domaine de l'armement nucléaire américain. Si le contact face-à-face est indispensable à la transmission du savoir-faire, on comprend rapidement l'importance de la proximité géographique dans ce processus. Nous allons maintenant l'examiner plus en détail.

5.3 Proximité géographique et transmission du savoir-faire

L'économiste Friedrich Hayek (1991), à l'instar de bon nombre de géographes économistes contemporains, a abondamment insisté sur les circonstances particulières du lieu et du temps pour la coordination de l'activité économique. Il a souligné en détail l'importance de connaissances non formalisées comme les composantes immatérielles de chaque bien (i.e. sa disponibilité et la qualité du service du fournisseur), la dispersion de cette information entre un très grand nombre d'individus, ainsi que le rôle crucial joué par les conditions locales dans leur constitution et leur diffusion. Les synthèses récentes en géographie économique nous indiquent également que la proximité physique est surtout cruciale pour deux phénomènes: 1) l'interaction face-à-face fréquente entre individus; 2) la mobilité locale de la main-d'oeuvre. Nous aborderons ce

⁸⁹ Voir notamment Polanyi (1964: 53). Ces connaissances peuvent toutefois être "redécouvertes" par la suite par des individus curieux et prêts à investir du temps et des ressources dans ce but. Des archéopaléontologues affirment ainsi avoir reconstitué la technique de certains tailleurs de pierre de l'âge glaciaire. Il est toutefois impossible d'avoir la certitude que leur technique est aussi bonne que celle de nos ancêtres (MacKenzie et Spinardi, 1995).

premier thème en examinant “l’effet milieu” et les relations d'affaires entre fabricants et utilisateurs. Nous aborderons ensuite plus en détail l'importance du milieu local pour les mouvements de travailleurs spécialisés.

5.3.1 Proximité géographique et interaction face-à-face

L’atmosphère industrielle

Les employés d'une entreprise s'inscrivent dans toute une série de réseaux locaux où ils absorbent des façons de faire les choses, des valeurs particulières et un vocabulaire spécialisé. Selon plusieurs auteurs, un tel “milieu” faciliterait l'absorption des techniques et des modes de gestion les plus performants, ce qui explique d'ailleurs en bonne partie la présence “d’antennes” de grandes entreprises dans certaines régions comme Silicon Valley ou Wall Street. L'économiste Alfred Marshall a bien résumé la dynamique particulière de “l’atmosphère industrielle” de certains districts.

Lorsqu'une industrie a ainsi choisi une localité, elle a des chances d'y rester longtemps, tant sont grands les avantages que présente pour des gens adonnés à la même industrie qualifiée, le fait d'être près 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. On sait apprécier le travail bien fait; on discute aussitôt les mérites des inventions et des améliorations qui sont apportées aux machines, aux procédés, et à l'organisation générale de l'industrie. Si quelqu'un trouve une idée nouvelle, elle aussitôt reprise par d'autres, et combinée avec des idées de leur crû; elle devient bientôt la source d'autres idées nouvelles (Marshall, 1971: 465).

Nombre d'observateurs ont également fait le même constat dans certains districts contemporains (Hansen, 1992). La littérature la plus abondante sur le sujet traite de la Silicon Valley californienne (Larsens et Rogers, 1985; Saxenian, 1994). Larsens et Rogers écrivent ainsi que l'on doit envisager cet endroit non pas comme un simple lieu géographique ou une agglomération de firmes de haute-technologie, mais comme un réseau. Ils appuient leur propos sur ceux d'un ingénieur expérimenté:

Je connais quelqu'un et ils connaissent quelqu'un. Mais je ne sais pas qui ils connaissent. La puissance de ce réseau réside dans le fait que tous ses participants en connaissent l'existence. Nous savons tous que nous connaissons de nombreuses autres personnes dans Silicon Valley. Ceci est essentiellement dû à un taux élevé de mobilité professionnelle. Le taux de circulation des rumeurs dans Silicon Valley est tout simplement phénoménal. Les réputations, les succès, les départs de certaines personnes des sociétés, les nouveaux produits: ces rumeurs sont traitées et malaxées avec une rapidité prodigieuse. Et la cause essentielle de ces rumeurs est cette

promiscuité particulière qui caractérise les firmes de Silicon Valley. En regardant par les fenêtres de son bureau, on peut apercevoir ses concurrents (Larsens et Rogers, 1985: 112).

Larsens et Rogers renforcent ce diagnostic à l'aide d'un certain nombre d'anecdotes. On leur a ainsi raconté qu'un groupe d'ingénieurs basé à Londres travaillait sur un nouveau produit concurrent à celui d'un groupe de Silicon Valley. Les deux sociétés avaient démarré simultanément, mais le groupe californien réussit à prendre une avance de six mois parce qu'il comprenait un ingénieur ayant un ami chez Intel qui fit discrètement sortir deux prototypes d'une nouvelle puce représentant exactement ce que son groupe recherchait. Cette puce allait bientôt être commercialisée, mais elle n'était pas encore décrite dans le catalogue de son fabricant. Les dirigeants d'Intel furent ravis de la chose parce qu'ils trouvaient ainsi un débouché immédiat pour leur produit (Larsens et Rogers, 1985: 113).

Le cas des deux principaux fondateurs d'Apple Computer, le technicien Steve Wozniak et l'entrepreneur Stephen Jobs, illustre d'autres facettes de l'atmosphère industrielle. Wozniak a ainsi décrit à maintes reprises l'importance d'une association locale, le Homebrew Computer Club, dans son développement technique (Brown, 1988: 228). La migration de la "souris informatique" de Xerox chez Apple est également bien documentée. Ce dispositif fut d'abord mis au point au Palo Alto Research Center (PARC) du fabricant de photocopieurs, mais les responsables de ce laboratoire n'y portèrent que peu d'attention. Stephen Jobs le remarqua toutefois lors d'une visite guidée en 1979 et en entrevit immédiatement les retombées potentielles. Il s'accapara du concept en embauchant certains de ses concepteurs, ce qui mena éventuellement à la création du MacIntosh (Mann, 1998: 59).

De l'impact de la proximité géographique entre fournisseurs et usagers

Nous avons souligné dans un chapitre précédant l'importance des usagers dans les processus de l'innovation technique. Pour résumer, ces derniers sont beaucoup plus nombreux que les producteurs et comptent ordinairement du personnel technique qui est souvent aussi créatif et compétent que celui des fabricants. Les utilisateurs sont également dans une position privilégiée pour proposer des améliorations et faire des suggestions aux producteurs (Gordon, 1993; MacDonald, 1992; Von Hippel et Tyre, 1996). Cornish (1997: 147) souligne ainsi que les connaissances utiles pour l'innovation sont généralement acquises lors des activités quotidiennes de gestion, de R-D, de

marketing et de production lorsque les employés d'une entreprise communiquent avec leur clients ou des tierces parties comme les distributeurs ou les partenaires d'alliances stratégiques. Il est dès lors logique de croire que la proximité géographique facilite grandement ce processus, ne serait-ce que parce qu'il est souvent impossible de transposer exactement le contexte d'utilisation d'un produit ou d'un procédé dans les installations du fabricant (Von Hippel, 1994). Le directeur de Motorola relate une anecdote décrivant bien l'importance du contact direct avec les usagers.

Some years ago, an associate prompted me to visit with our customers more regularly. I decided that I would spend one day each month with a different customer. Our representatives arranged it *so that I could talk in detail to the people* who engineered our product into theirs and who bought, expedited, assembled, inventoried, repaired, installed, serviced, and paid our invoice... The most evident organization / authority factor we discovered was that every deficiency I discovered and reported had been known by our sales and applications representatives for months and even years. The field people had communicated these deficiencies and cajoled their bosses, laboratories, and factories [but to no avail]... Second, my example was role model to other officers, many of whom had never made a customer call. Some of them returned from their initial experience virtually born again as they integrated the customers' expectation into their departments. *It is inconceivable to me that a scientist, engineer, personal manager, senior accountant, or officer of any kind can achieve total customer satisfaction without understanding and having a feel for customers firsthand. The quality, effectiveness, and productivity of customer/supplier communication - people to people - can be doubled and even tripled.* (Galvin, 1996: 141-2, nos italiques)

Gordon (1993) dresse un constat similaire au terme d'entretiens détaillés avec les dirigeants et employés de bon nombre d'entreprises de Silicon Valley. Il note ainsi sans surprise que l'entrepreneur, le personnel de R-D et les techniciens de l'entreprise jouent un rôle crucial pour la conception et le développement de nouveaux produits. Il remarque toutefois que dans 40% des cas étudiés, les répondants insistèrent fortement (*went out of their way*) sur l'importance d'une source d'innovation non mentionnée dans son questionnaire, le personnel du département de marketing.

Il est entendu que la proximité physique des installations facilite les rencontres entre le personnel des fabricants et des usagers. Rosenberg (1976: 168, notre traduction) souligne ainsi que la proximité physique entre les fabricants et les utilisateurs de machinerie industrielle a souvent été cruciale au siècle dernier, car elle permettait une "confrontation directe entre l'utilisateur d'une machine, qui comprend bien les problèmes

associés à son usage, et le producteur de la machine, qui est bien au fait des problèmes liés à la production et qui est souvent en mesure d'y répondre et d'en réduire les coûts". Gertler (1995a) et Cornish (1997) en sont arrivés à la même conclusion à partir d'enquêtes détaillées auprès de producteurs contemporains. Pour citer le langage plus coloré d'un manufacturier de Silicon Valley: "Je me fiche de connaître la précision de spécifications écrites, car elles sont toujours sujettes à être mal interprétées. La seule façon efficace de résoudre un problème est d'avoir les ingénieurs du client dans notre entreprise. Il n'y a pas moyen de faire cela si le client est situé à plus de quatre-vingt kilomètres" (Saxenian, 1994: 157, notre traduction).

Gertler (1995a: 16) souligne d'ailleurs que ses entretiens révèlent très clairement que la visite *in situ* d'employés du producteur, et non pas du distributeur, est indispensable lors de l'installation et de l'opération initiale d'une technique à la fois nouvelle, complexe et dispendieuse. L'interaction face-à-face est également jugée cruciale pour la formation du personnel, car les manuels et cassettes vidéos ne s'avèrent que de piètres substituts. Il relate une anecdote révélatrice à cet égard en soulignant qu'un manufacturier ontarien de plastique éprouvait des problèmes considérables avec une machine d'une entreprise de l'Ohio. Les responsables ontariens essayèrent désespérément de résoudre leur problème au moyen du téléphone, du fax et même de l'envoi d'un ensemble de pièces au producteur, mais sans succès. Le problème fut finalement résolu en moins de cinq minutes par la visite sur place d'un employé du producteur (p. 11).

5.3.2 Proximité géographique et mouvements de personnel

Le mouvement d'individus qualifiés entre entreprises est, comme nous l'avons vu, un facteur important de diffusion du savoir-faire. Le phénomène n'est évidemment pas limité qu'aux "milieux novateurs", mais il semble aller de soi que la proximité géographique favorise la mobilité des employés, ne serait-ce que parce que ceux-ci n'ont pas à changer de domicile et n'ont donc pas à relocaliser leur famille et perdre leurs amis. L'étude de Silicon Valley a encore une fois révélé l'importance du phénomène. Saxenian (1994) souligne ainsi l'importance des mouvements de personnel qui "défient toute analyse sectorielle", car les employés compétents transitent entre les entreprises de semi conducteurs, les fabricants de lecteurs de disques, les entreprises de réseautage, les firmes de consultants, etc. Les opinions sont toutefois partagées quant au bien-fondé à long terme d'une telle mobilité, car comme le rappellent des spécialistes de la gestion, former un nouvel employé n'est pas seulement long et

coûteux, "ce n'est également jamais un substitut à la présence antérieure" (Angle et Van de Ven, 1989: 674-5, notre traduction). Certains auteurs ont donc soutenu qu'une telle mobilité est contre-productive à moyen et long terme, car les entreprises n'ont pas suffisamment d'incitatifs pour investir dans la formation de leur main-d'oeuvre (Florida et Kenney, 1990). Il semble toutefois que la compétition dans Silicon Valley soit suffisamment forte pour obliger les entreprises à investir dans leur capital humain (Gordon, 1993).

5.4 Rencontres ponctuelles et interaction face-à-face

Nombre d'auteurs soutiennent que la proximité physique est capitale pour échanger de "l'information riche". L'interaction face-à-face n'implique toutefois pas nécessairement la proximité géographique des installations, car certaines alternatives ponctuelles, la plus évidente étant le voyage d'affaires, sont toujours possibles. Salwyn (1995) donne ainsi l'exemple de SAP, une entreprise allemande de logiciels, et du président de sa filiale canadienne, Bryan Plug. Selon Salwyn, l'une des préoccupations majeures des concepteurs de logiciels a toujours été "d'analyser et d'anticiper les besoins communs de clients potentiels et de leur offrir des solutions". Bien que la chose n'ait rien d'étonnant, Monsieur Plug eut une idée originale en 1994 pour atteindre cet objectif. Il proposa la création de Centres d'expertise industrielle dans lesquels on réunirait les clients-valideurs (i.e. les chefs de file dans leur domaine), les partenaires de consultation et de matériel et les experts de SAP. Après s'être fait tirer l'oreille, les dirigeants de SAP acceptèrent finalement de regrouper leurs clients dans le monde en fonction de six grands secteurs industriels:

- # Haute technologie et électronique
- # Pétrole et gaz
- # Entreprises de services publics, électricité
- # Industries de transformation
- # Santé
- # Biens de consommations pré-emballés.

Un premier Centre d'expertise sur le pétrole et le gaz fut établi à Calgary et servit de banc d'essai. Or contrairement aux craintes de la haute direction de SAP, les représentants des diverses entreprises se félicitèrent de cette occasion de discuter de leurs problèmes. En fait, la première réunion permit d'établir que, loin de s'observer avec suspicion ou d'espionner les pratiques de leurs concurrents, les représentants

parlèrent ouvertement de problèmes communs, notamment ceux ayant trait à la sécurité. L'un d'eux demanda ainsi aux représentants de SAP s'ils seraient capables de leur donner un moyen de détecter un roulement qui surchauffe et de communiquer cette information directement à leurs ordinateurs. Cette requête, approuvée par plusieurs autres représentants, fut ensuite transmise au siège social allemand où elle fit l'objet d'une attention immédiate. Ayant mobilisé son vaste capital humain, SAP fournit une solution quelques semaines plus tard. De plus, selon Salwyn, "la solution offerte au problème signalé dans l'industrie du pétrole a immédiatement attiré l'attention d'autres entreprises dans des secteurs différents comme celui de l'électricité". Emballé du succès de l'expérience, SAP a depuis ouvert d'autres centres d'expertise industrielle en Amérique dans des villes déjà réputées dans certains domaines. Celui de la haute technologie et de l'électronique est ainsi situé à Foster City en Californie, celui des entreprises de services publics à Toronto et celui des industries de transformation à Philadelphie. Comme quoi si la proximité géographique des associés d'affaires n'est pas toujours possible, la géographie demeure tout de même importante à certains égards!

Les prophéties de nombreux auteurs clamant que de nouvelles techniques de communication réduisent la friction de l'espace géographique tardent donc encore une fois à se réaliser. Comme nous l'avons vu, une portion importante de l'information essentielle au succès commercial ne se prête toujours pas au transport sur de longues distances. L'interaction continue entre fabricants et usagers, de même que l'information sur les techniques les plus récentes ou sur la meilleure façon d'aborder une situation non-routinière, sont toujours essentielles, que ce soit parce que certains savoir-faire sont difficilement formalisables ou parce qu'il est simplement trop coûteux de vouloir tout formaliser. On doit cependant garder à l'esprit qu'une ville ou une région est toujours un système ouvert, comme nous allons maintenant le voir plus en détail.

5.5 La ville en tant que système économique ouvert

La principale caractéristique du genre humain par rapport aux autres espèces animales est la pratique du commerce, i.e. des transactions volontaires sans rapports de force et de liens de parenté entre membres d'un groupe.⁹⁰ Parce que les êtres humains sont les seules créatures à pratiquer le commerce, les villes sont bien différentes d'autres organisations sociales territorialisées comptant un très grand nombre d'individus, mais

⁹⁰ Un autre critère fréquent pour distinguer le genre humain des autres espèces animales est le contrôle du feu qui nous est encore plus unique que la fabrication d'outils et le langage (Bunch et Hellemans, 1994: 1).

opérant en autarcie. Une termitière, une fourmilière et une ruche ne s'inscrivent ainsi pas dans un contexte plus large où les individus migrent et où l'on pratique l'échange entre différentes localisations géographiques. Contrairement aux autres espèces migratoires, les êtres humains peuvent changer relativement facilement de milieux géographiques et de groupes d'appartenance. Certains artisans peuvent également migrer vers d'autres villes et d'autres régions pour améliorer leur situation, ou faire des stages à l'extérieur pour acquérir de nouvelles compétences qu'ils introduiront dans leur région d'origine par la suite. Les activités économiques d'une ville ne peuvent donc être isolées de leur contexte économique plus large.

À l'instar de travaux plus anciens (Dicken et Lloyd, 1990: 215; Chapman et Walker, 1987: 60), plusieurs analystes nous rappellent que la majorité des clients et des fournisseurs d'une entreprise spécialisée sont le plus souvent, même dans un contexte comme celui de Silicon Valley ou du Baden-Württemberg, localisés à l'extérieur de sa principale région d'attache (Gordon, 1993; Hansen, 1996; Malmberg, 1997). Certains fabricants du district horloger du Jura suisse font ainsi faire le design de leur montres à Milan et importent plusieurs composantes de Hong Kong, du Japon et d'ailleurs, tout en étant tributaires du marché international pour l'écoulement de leur production (Crevoisier, 1993).

Bon nombre d'entreprises n'ont également à peu près aucun contact avec leurs voisins immédiats dans leur parc industriel et leur région d'appartenance (Cornish, 1997; Joyal, 1996; Julien et al., 1994; Malecki, 1997; Rallet, 1993) et collaborent avec d'autres entreprises davantage pour des considérations sectorielles, de procédés de fabrication et de produits finaux que de facteurs géographiques (Gertler, 1995b). Certains chercheurs soutiennent cependant que les clients et fournisseurs situés à proximité jouent souvent un rôle qualitatif disproportionné par rapport au chiffre d'affaires qu'ils représentent (Cornish, 1997; Gordon, 1993). Ce qu'il faut sans doute retenir des controverses récentes est que "l'atmosphère industrielle" d'un endroit n'est qu'un facteur parmi d'autres pouvant permettre à une entreprise de devenir et / ou de demeurer compétitive et novatrice et que les individus s'inscrivent dans plusieurs réseaux dont certains n'ont rien de local. Ces constats tiennent de l'évidence, mais certains auteurs oublient un peu trop facilement que les villes sont des lieux d'échange, de production et de contact comportant plusieurs composantes relativement indépendantes les unes des autres qui s'inscrivent dans des réseaux beaucoup plus larges que leur seul milieu

géographique d'appartenance. Il faut donc selon nous éviter de traiter les villes comme des entités *sui generis* et les envisager plutôt comme des carrefours de l'activité économique. Nous allons donc maintenant examiner plus en détail la phase spécifique de résolution de problème afin de voir comment un milieu local diversifié est davantage susceptible qu'un milieu plus spécialisé de stimuler le potentiel créateur d'un individu et de faciliter la combinaison de savoir-faire différents.

5.6 De l'influence d'une ville diversifiée sur la créativité individuelle

Plusieurs auteurs soutiennent donc que la concentration industrielle favorise la mobilité du personnel qualifié, l'interaction entre producteurs et usagers et le développement d'effets de réputation. Certains milieux favoriseraient davantage l'absorption et la diffusion de connaissances tacites que d'autres endroits, ce qui procurerait un avantage à long terme, à mesure que le savoir-faire et les réseaux sociaux des employés d'une entreprise et des travailleurs autonomes se densifient. L'une des meilleures façons pour les dirigeants d'une entreprise d'accéder à ce savoir est donc d'être localisé dans un milieu où "l'atmosphère industrielle" est particulièrement riche. Bien que la plupart des travaux sur la nouvelle géographie de l'innovation traite surtout de techniques particulières ou fortement reliées, il semble aller de soi que les processus que nous venons de décrire s'appliqueront tout autant, sinon davantage, pour la combinaison de techniques dans un milieu diversifié.

Il est toutefois entendu que nous ne pouvons aborder tous les aspects du milieu d'un créateur, comme par exemple son contexte social et affectif, le degré d'entrepreneursip de ses concitoyens ou encore le cadre juridique dans lequel il doit évoluer. Que les personnes entourant un créateur le supportent et lui témoignent de l'honnêteté est évidemment important. Qu'un employeur et des collègues l'appuient l'est tout autant. Qu'un individu soit localisé dans une ville en pleine croissance où l'esprit d'entrepreneursip règne ne peut que l'aider. Qu'un inventeur ne soit pas brimé par des réglementations et une fiscalité excessives est certes un atout. Il n'est toutefois pas rare qu'un inventeur triomphe de l'hostilité et de l'incompréhension de son entourage. Bien qu'intéressante, la problématique du milieu environnant un individu est toutefois trop large pour que nous en examinions d'autres facettes que celles touchant directement la combinaison de techniques.

Diversité locale, perception et combinaison

La créativité technique est une faculté innée chez plusieurs individus, qu'ils soient originaires du fond de l'Amazonie ou du coeur de Silicon Valley. L'environnement d'un individu joue toutefois un rôle important pour ce qui est des problèmes le confrontant, de ses opportunités d'apprentissage, de sa capacité à rassembler des ressources humaines, matérielles et financières, de même que de sa capacité à commercialiser ses innovations. Malgré certains stéréotypes, plusieurs habitants de régions rurales mettent continuellement au point des innovations de toute sorte. Leurs problèmes et leur accessibilité à diverses ressources diffèrent toutefois sensiblement de celles d'un citadin. Certains inventeurs et entreprises rurales se tirent évidemment d'affaires en choisissant un créneau particulier, en travaillant davantage ou en étant plus imaginatifs que leurs concurrents. Il est toutefois évident que dans la plupart des cas, un individu créatif localisé dans un milieu urbain diversifié jouit de quelques longueurs d'avance sur un individu tout aussi créatif localisé en milieu rural.

Le premier avantage d'un habitant d'une ville diversifiée est qu'il lui est beaucoup plus facile de mettre la main sur divers intrants, car on y trouve toutes sortes de matériaux, de composantes, et d'outils fabriqués sur place et / ou distribués à une ou plusieurs entreprises. Un individu résidant en région rurale devra toujours investir beaucoup plus de temps et d'efforts pour arriver aux mêmes résultats. Un citadin qui le souhaite est également beaucoup plus susceptible d'être confronté à toute sorte d'occupations, de débouchés potentiels, de façons de faire et de produits, que ce soit par la proximité d'entreprises diverses, la tenue de foires commerciales et d'expositions de toutes sortes ou encore de la présence de plusieurs personnes au fait de ses talents et n'hésitant pas à lui soumettre des problèmes. L'habitant d'une ville diversifiée peut également changer de domaines beaucoup plus facilement que l'habitant d'un milieu rural sans avoir à déménager. Il lui est également beaucoup plus facile de consulter des gens possédant un savoir-faire dont il est dépourvu ou qu'il maîtrise mal.

Un environnement diversifié peut donc être fécond pour un individu créatif cherchant à élargir ses horizons ou à résoudre un problème. Koestler (1969) soutient ainsi que lorsqu'une tâche est abordée dans des conditions inchangées à l'intérieur d'un environnement monotone, les réponses deviennent stéréotypées et les routines rigides, tandis que les actions et les idées n'évoluent plus qu'à l'intérieur d'un sillon très étroit. Un environnement variable et changeant tendrait par contre à créer des habitudes de

travail plus flexibles et permettrait d'envisager des solutions novatrices. Un milieu diversifié, où un individu en situation de blocage est continuellement confronté à de nouvelles idées ou façons de faire les choses, sera une plus grande source d'inspiration et de solutions potentielles qu'un milieu plus homogène (Hillier, 1992: 113). S'il est certain que le mode de vie urbain multiplie le nombre de personnes ou de techniques avec lesquelles un individu est susceptible d'entrer en contact, les milieux urbains les plus diversifiés seront également plus susceptibles de mener à de nouvelles solutions particulièrement inattendues, car une circonstance fortuite est bien souvent nécessaire pour trouver une solution adéquate. Nous allons maintenant illustrer ces processus à l'aide de quelques exemples.

Diversité locale et combinaison de techniques: Quelques illustrations

Certaines innovations résultent de la combinaison de ressources disponibles dans la région géographique d'appartenance d'un individu sans que ce dernier n'ait besoin d'entreprendre des démarches spécifiques pour les faire venir d'un autre endroit. Nous avons déjà mentionné quelques cas de ce type, notamment lors de la mise au point de la chaîne de montage dans les usines Ford. Il semble toutefois aller de soi qu'un milieu diversifié est plus susceptible de faciliter les rencontres fortuites et la recherche de solutions novatrices et / ou de collaborateurs potentiels. Laurens (1990: 22) souligne ainsi le rôle crucial du phénomène dans le télescopage art - technique dans la région Midi-Pyrénées en écrivant que les "*opportunités de rencontres* sont ici souvent importantes voire fondamentales dans la phase initiale des projets". C'est donc la rencontre fortuite dans le cadre d'un stage de danse de Michel Raji, un chorégraphe et Jean-Paul Banquet, un neurologue, qui provoque la réflexion et l'expérience de danse non-stop sous enregistrement médical. Laurens donne plusieurs autres exemples similaires et insiste fortement, à l'instar de Langrish et al. (1972: 48), sur la contingence du processus.

L'un des processus combinatoires les plus cités dans la littérature est la mise au point de l'imprimerie par Gutenberg.⁹¹ Il faut d'abord rappeler que déjà à l'aube du XV^e siècle, l'imprimerie n'était plus une nouveauté en Europe. L'imprimerie par blocs de bois

⁹¹ Que Gutenberg soit ou non le véritable inventeur de l'imprimerie n'a pas ainsi d'importance, car la correspondance dans laquelle il a décrit la mise au point de son invention est jugée authentique et crédible.

sur la soie, le tissu et le vélin avait débuté au douzième siècle et l'impression sur papier était devenue courante deux siècles plus tard. Gutenberg identifia plutôt un problème à partir de son observation de cartes à jouer renfermant un petit texte sous leurs illustrations:

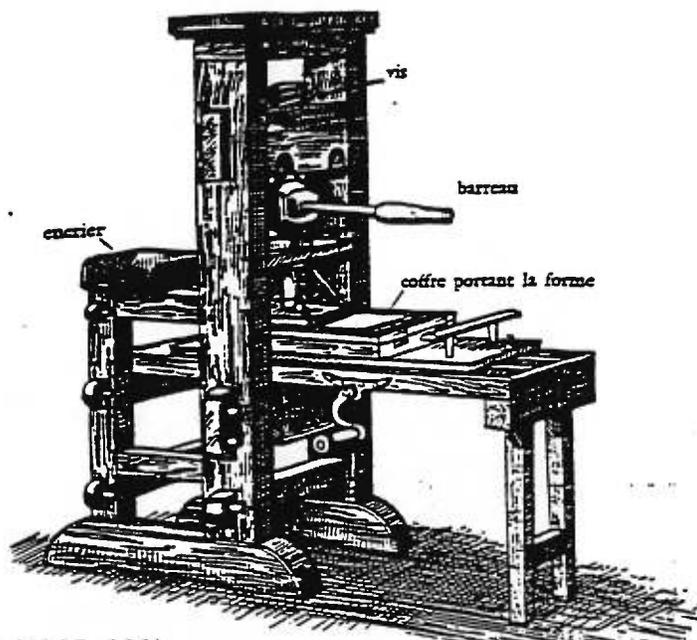
[Ce] que l'on a fait pour quelques mots et quelques lignes, il faut que j'arrive à le faire pour de grandes pages d'écriture, de grandes feuilles entièrement couvertes des deux côtés, pour des livres entiers, pour le premier de tous les livres, la Bible... Comment? Inutile de penser à graver treize cent pages sur des pièces de bois... Que ferai-je? Je ne sais pas, mais je sais ce que je veux faire: je veux multiplier la Bible, je veux avoir les exemplaires prêts pour le pèlerinage d'Aix-la-Chapelle (Koestler, 1969: 107).

Gutenberg songea d'abord à remplacer les blocs de bois par des caractères mobiles en plomb inspirés des poinçons servant à identifier les documents. On relève d'ailleurs qu'il puisa dans l'expérience acquise auprès de son père qui avait été l'orfèvre de l'archevêque de Mainz (Mokyr, 1990: 49).

Toute pièce, toute médaille commence par un poinçon. Le poinçon est une petite barre d'acier dont une extrémité a reçu la gravure d'une lettre ou de plusieurs, de tous les signes que l'on voit en relief sur la pièce. On trempe le poinçon et on l'enfonce dans un morceau d'acier, qui devient le "creux" ou "empreinte". C'est dans ces empreintes, trempées à leur tour, que l'on place les petits disques d'or dont on fait des pièces en frappant avec force (Koestler, 1969: 107).

La méthode utilisée pour imprimer les cartes à jouer avec des blocs de bois s'avéra cependant insuffisante pour obtenir une impression de qualité. Gutenberg chercha longtemps une façon de contourner cette difficulté. L'illumination lui vint lors d'une récolte de raisins dans les environs de sa ville: "J'ai pris part aux vendanges. J'ai regardé couler le vin, et remontant de l'effet à la cause, j'ai étudié la force de cette presse à laquelle rien ne résiste (p. 107)". Il réalisa soudainement que cette pression constante pourrait être appliquée par un sceau ou une pièce sur du papier, et que grâce à cette pression, le plomb laisserait une empreinte de bonne qualité. Gutenberg bénéficia donc à la fois des externalités statiques (la fourniture de matériaux variés à prix abordable) et des stimuli que lui procura la diversité économique locale pour réaliser sa presse à imprimer (figure 14).

Figure 14
Presse à imprimer



Source: Audin (1965: 669)

Comme nous l'avons toutefois constaté dans des sections préalables, plusieurs transferts analogiques fructueux ne découlent pas de l'observation directe de la nature, d'un objet ou d'un procédé dans l'environnement local d'un individu. Une analogie peut très bien être tirée de l'observation d'une gravure ou d'une émission télévisée, de la lecture d'une revue spécialisée ou grand public, ou lors d'un voyage. Un inventeur québécois a ainsi eu l'idée de fabriquer des pièces décoratives pour poteaux de clôture en regardant distraitemment un reportage sur des artisans africains manipulant du métal de fusion provenant de rebuts d'aluminium. Ce n'est toutefois qu'après une série d'essais laborieux, la découverte d'un livre datant de 1905 et la collaboration des employés d'une fonderie sise à proximité de son atelier que l'inventeur put finalement concevoir des pièces acceptables (Pinard, 1994). Un autre exemple illustrant l'importance des économies d'agglomérations pour l'innovation est celui de la mise au point d'un prototype de mécanisme centrifuge au siècle dernier par Elihu Thomson, l'un des principaux responsables du succès de General Electric. Thomson montra son invention à plusieurs gens d'affaires de la région de Philadelphie, la ville où il résidait à l'époque, afin de trouver du financement pour développer son prototype. L'un de ses premiers contacts fut un détaillant d'équipements photographiques, Thomas McCollin, de qui il achetait régulièrement des produits chimiques. McCollin réalisa rapidement que

l'appareil de Thomson pourrait lui être utile et l'encouragea à perfectionner son invention. Thomson se tourna ensuite vers l'industrie du raffinage du sucre, où il savait que l'on utilisait des appareils centrifuges (son biographe ne précise toutefois pas si cette industrie fut le point de départ de l'inventeur). Il entra donc en contact avec l'un des principaux fabricants de machines de cette industrie, Henry G. Morris, qui lui accorda son appui financier pour perfectionner son invention (Carlson, 1991: 175).

Ces exemples nous rappellent encore une fois que l'emprunt analogique ne permet souvent que la découverte d'un principe, mais qu'une tâche énorme est encore requise avant la mise au point d'un produit commercialisable. C'est à ce moment que l'inventeur devient entrepreneur et/ou s'associe à d'autres individus pour rassembler et coordonner diverses ressources humaines et matérielles. Il semble toutefois évident qu'une ville importante et diversifiée facilite la recherche de partenaires techniques et financiers, car outre le fait que l'on y trouve plus d'investisseurs potentiels, la proximité géographique facilite souvent l'établissement de relations de confiance, ce qui est toujours problématique sur de longues distances, à moins que la réputation d'un individu ne soit bien établie.

Le rôle d'un milieu local diversifié ne peut donc être ramenée qu'à la seule problématique des transferts de connaissance. En fait, il est sans doute utile ici de se rappeler la maxime la plus célèbre sur le rapport entre d'une part l'intuition et de l'autre l'expérimentation, la mise au point et la commercialisation d'un produit. Thomas Edison aurait ainsi, selon certaines sources, affirmé que le génie est composé de 1% d'intuition et de 99% de transpiration (Weber et Perkins, 1992: 11). Bien que les proportions attribuées à Edison varient d'un auteur à l'autre (Paul MacCready (Brown, 1988: 6) parle ainsi de 2% d'inspiration et de 98% de transpiration, tandis que Petroski (1992: 49) avance plutôt les chiffres de 10% et 90% respectivement), il est certain que les efforts requis pour la mise au point d'un prototype fonctionnel, de la production rentable et de la mise en marché d'un produit ou d'un service sont toujours beaucoup plus importants que les transferts de connaissances d'un domaine à l'autre. Nous avons toutefois choisi de ne pas traiter en détail de ces processus.

5.7 Une mise en garde contre le déterminisme géographique

Bien que certains facteurs économiques aient toujours milité en faveur de la concentration géographique de l'activité économique, on ne peut pas analyser la

dynamique économique des villes en faisant abstraction des individus qui les composent à une certaine période de leur histoire. Détroit n'est ainsi devenue une ville importante dans le domaine de l'automobile que parce qu'Henry Ford, les frères Dodge et d'autres pionniers qui y résidaient se sont avérés plus ingénieux, persistants et chanceux que leurs concurrents de Boston, de New York et d'ailleurs. La localisation géographique d'une ville a donc selon nous une importance économique bien moindre que les individus qui y résident. Nous rejoignons en cela partiellement les propos de l'inventeur Stanford Ovshinsky, un créateur prolifique ayant construit de toutes pièces un laboratoire de recherche réputé, Energy Conversion Devices, comptant au nombre de ses clients IBM, Raytheon, 3M, Standard Oil of Ohio, Matsushita et Canon. Ovshinsky, un natif d'Akron (Ohio) a toutefois décidé de fonder son entreprise à Détroit, la ville où il s'est installé à la fin de son adolescence, car selon lui la localisation géographique n'est pas primordiale, bien qu'un entourage stimulant le soit.

Interviewer: Almost everything you do is high tech, and as soon as somebody mentions the word high tech, most people think of Silicon Valley or Route 128 around Boston. What keeps you in Detroit?

Ovshinsky: Trying to define anything in terms of geography is all quite silly, really. Geography is just where you are. Nobody ever thought of California as an electronic state until Bill Shockley went there and started the semiconductor industry. Nobody ever thought of Texas as an electronic state until Texas Instruments built up its solid-state empire... I have been able to set up an environment [in Detroit]... that I know is part of the inventive process... In the last twenty-seven years, I've been very fortunate in building up a well-equipped laboratory with tremendously talented and superb people who are also very inventive in their own right. I also have a very good group of colleagues and collaborators that I can share ideas with. I know that environment is part of the invention process (Brown, 1988: 161).

Nous rejoignons toutefois l'analyse géographique de l'innovation dans la mesure où il nous semble évident que certains endroits sont de meilleurs catalyseurs de l'innovation que d'autres. Nous utilisons le terme catalyseur à dessin, car l'innovation et la croissance économique sont ultimement l'affaire d'individus créatifs et entreprenants. Si tel n'était pas le cas, on observerait pas partout à travers l'histoire l'émergence ininterrompue de nouvelles villes importantes parallèlement au déclin de plus anciennes, pas plus d'ailleurs que des mouvements de populations d'une ville à l'autre. Il est toutefois indéniable qu'un même individu créatif peut être bien plus productif dans un milieu que dans un autre en investissant la même énergie.

5.8 Conclusion

L'innovation technique nécessite nombre d'intuitions créatrices, d'essais et d'erreurs, une dose de chance et de combinaisons de ressources diverses. Elle consiste essentiellement à trouver de nouvelles façons de faire les choses, de nouvelles choses à faire ou de nouveaux usages pour des choses existantes. Bien que l'on puisse observer certaines récurrences dans le processus créatif, l'innovation est toutefois produite par un être humain travaillant dans un contexte unique et tout indique qu'un milieu diversifié est plus susceptible de suggérer des pistes de solution ou de faciliter la combinaison de techniques qu'un milieu plus homogène. Si un tel milieu n'est pas toujours indispensable, il peut toutefois servir de catalyseur dans plusieurs cas. Nous allons maintenant resituer cette perspective dans le contexte québécois en l'illustrant à partir d'informations colligées auprès d'un échantillon d'inventeurs autonomes.

CHAPITRE 6. DE L'IMPACT D'UN MILIEU DIVERSIFIÉ SUR LA COMBINAISON DE TECHNIQUES. ILLUSTRATIONS À PARTIR D'UN ÉCHANTILLON D'INVENTEURS AUTONOMES

This book actually began with what is now its middle. My first interview was with Roman Szpur, whose laboratory is only a few miles from my parent's home in Kettering, Ohio. I thought we would probably talk for about an hour; instead we talked for two or three.

About halfway through my somewhat disorganized list of questions, Szpur asked, "Why don't I show you some things while we talk?" We spent the next two hours or so walking around his laboratory looking at inventions: medical electrodes, syringes, waffle-making machines, light fixtures, and lasers. Since then, I've decided that the trite but true maxim "Expect the unexpected" could have been coined by someone who spent time talking to inventors.

- Kenneth A Brown. 1988. Inventors at Work. Redmond (WA): Tempus Book of Microsoft Press, p. xiii.

Anyone who has handled [literature related to discovery and invention] quickly becomes aware of certain odd characteristics, intriguing in themselves... There is, for instance, a strong propensity to simplify and to idealise the stories, to present them as a steady and logical march towards a final goal, to interpret them as the results of deliberate planning. Whereas the reality is more often a series of stops and starts, of desperate frustrations and back-trackings, of logical steps intermixed with blind shots and of final success when it seems the most unlikely and the least hoped for. Successful inventors themselves often contribute to the romantic aura surrounding their final success; it is normally much more agreeable for them to think of their achievements as the outcome of a flawless chain of brilliant deductions than as the results of groping about among uncertainties... A second point which strikes the independent observer is the absence of agreement among the experts as to where the emphasis of the story should be laid. Inventors are disposed to belittle the technical novelties of the development carried on by firms; firms are frequently reluctant to give credit to pioneers outside their organisation. Scientists are inclined to be slightly contemptuous of the contributions made by inventors, inventors to be grudging about the guidance and leads they have derived from prior scientific advance.

- John Jewkes, David Sawers and Richard Stillerman. 1969 [1958]. The Sources of Invention, 2nd edition. London: MacMillan, p. 71-2.

L'analyse présentée jusqu'ici est le résultat d'un processus itératif entre la revue de la littérature et le travail de terrain. Nous avons toutefois choisi de ne pas utiliser d'illustrations tirées de nos entretiens avant ce chapitre afin d'illustrer l'universalité de la combinaison de techniques. Nous allons maintenant essayer d'examiner ces processus plus en détail et de démontrer qu'ils se produisent quotidiennement dans le contexte québécois.

6.1 De l'étude des inventeurs autonomes en tant que vecteurs de la combinaison de techniques

6.1.1 Choix de la méthodologie et de l'échantillon

Nous avons souligné dans le premier chapitre comment l'utilisation de la classification industrielle présente certains problèmes pour l'analyse de la combinaison de techniques. Pour y remédier, nous avons développé une alternative théorique basée sur l'analyse de la créativité individuelle et une typologie des processus de combinaisons de techniques. Il nous fallait dès lors rencontrer des individus créatifs oeuvrant dans différents domaines et lieux de travail afin de vérifier la validité de nos intuitions, d'en obtenir une meilleure compréhension et / ou de les rectifier. Nous avons donc retenu une démarche qualitative, car il est essentiel d'observer directement l'innovation dans son contexte de création. La première étape de notre démarche empirique consistait donc à identifier un groupe d'individus répondant aux six critères suivants:

1. Les individus doivent être créatifs, i.e. travailler à la mise au point de quelque chose d'original. Comme tout acte créatif implique une combinaison de choses différentes, la nature de chaque cas importe peu;
2. Les individus retenus doivent couvrir un éventail de compétences techniques;
3. Ces diverses compétences doivent pouvoir être relativement bien comprises par un non-spécialiste;
4. Les individus retenus doivent nous offrir l'opportunité d'étudier des succès, mais également des *échecs*, afin de pouvoir analyser les obstacles aux transferts entre différents domaines;
5. Les individus retenus doivent être bien ancrés dans leur milieu géographique;
6. Les individus retenus ne doivent pas entretenir de liens trop étroits avec la recherche universitaire, car notre but est d'identifier la transmission de savoir-faire techniques entre entreprises et acteurs du secteur privé;

Après quelques réflexions et démarches, un groupe s'est rapidement détaché de tous ceux que nous avons envisagés: les inventeurs autonomes. Jewkes et al. (1969: 72, notre traduction) définissent l'inventeur autonome (*individual inventor*) comme suit: un individu choisissant le domaine dans lequel il oeuvre; qui utilise ses propres ressources ou acquiert des ressources sur lesquelles d'autres individus n'ont aucun contrôle direct; qui est le principal bénéficiaire ou perdant de sa démarche; qui travaille avec des ressources limitées et des collègues demeurant ultimement sous sa direction et son leadership. Un inventeur autonome n'est donc pas défini par son bagage technique ou scientifique. Par opposition, un inventeur corporatif (*institutional inventor*) travaille dans un laboratoire et a des moyens importants à sa disposition, tant au niveau des ressources matérielles et financières qu'humaines. Il ne choisit ordinairement pas les problèmes sur lesquels il travaille et il est un employé salarié, i.e. qu'il n'est pas le principal bénéficiaire du fruit de ses découvertes (p. 72-73). Comme le soulignent Jewkes et al., bien que l'on trouve nombre de cas situés à ces deux extrêmes, classer la plupart des inventeurs selon l'un ou l'autre critère est souvent relatif. Ils ajoutent également que, peu importe le contexte de travail, l'immense majorité des inventeurs demeurent des originaux (*inventors are very much of a type*) (p. 82).⁹²

Outre le fait qu'il s'agit du groupe répondant le mieux à nos critères de sélection, le choix d'un échantillon d'inventeurs autonomes s'est imposé pour trois autres raisons qui sont clairement ressorties lors d'une recension de la littérature sur le sujet et de nos entretiens exploratoires. La première est le faible nombre d'études portant sur des inventeurs "ordinaires", par opposition à des génies créatifs de l'envergure de Thomas Edison, Alexander Graham Bell, Leonard de Vinci et Jacob Rabinow.⁹³ La seconde est que ces individus créatifs n'apparaissent à peu près jamais dans les statistiques officielles de l'innovation, car ils ne détiennent souvent pas de diplômes universitaires,

⁹² "The inventor is absorbed with his own ideas and disposed to magnify their importance and potentialities. He tends to be impatient with those who do not share in his consuming imagination and leaping optimism. He runs to grievances and feels them sharply. More often than not he would make a bad businessman... But, although of course there are not a few exceptions, his crucial characteristic is that he is isolated; because he is engrossed with ideas that he believes to be new and therefore mark him out from other men, and because he must expect resistance. The world is against him, for it is normally against change and he is against the world, for he is challenging the error or inadequacy of existing ideas" (Jewkes et al., 1969: 82).

⁹³ Smiles (1863) fit toutefois un effort particulier pour mettre en évidence la contribution d'inventeurs méconnus tout au long de sa carrière (Jewkes et al., 1969: 64-65 ff).

ne travaillent ordinairement pas dans une fonction formelle de R-D et ne publient à peu près jamais. Leur examen permet donc d'aborder un pan de l'innovation contemporaine souvent négligé par les chercheurs. Le dernier critère militant en faveur de notre choix est que bon nombre d'inventeurs autonomes n'ont que peu de collaborateurs techniques réguliers, ce qui minimise selon nous le biais pouvant être introduit par l'absence d'entretiens de vérification.

Après avoir contacté certains organismes gouvernementaux et associations privées, nous avons conclu une entente à double volet avec M. Daniel Paquette, le président du Monde des inventions québécoises. Nous nous engageons tout d'abord à lui monter un ensemble de dossiers sur des inventeurs en étant à l'une des étapes suivant les tests d'un prototype fonctionnel, i.e. la recherche d'une stratégie de fabrication, de mise en marché ou de protection intellectuelle. M. Paquette allait de son côté nous mettre en contact avec des inventeurs ayant récemment mis des innovations sur le marché. L'entente a été respectée et s'est avérée, du moins nous l'espérons, bénéfique pour les deux parties. Nous avons également rencontré d'autres inventeurs par l'entremise d'une ancienne associée de M. Paquette, madame France Couture.⁹⁴

Nous ne sommes donc pas intervenus directement dans le choix des inventeurs, sinon pour nous assurer d'obtenir un certain équilibre entre la région de Montréal et le reste du Québec, de même qu'entre inventeurs ayant commercialisé un produit et ceux n'ayant qu'un prototype. Bien qu'il soit évidemment impossible de savoir si notre échantillon est représentatif de la population d'inventeurs autonomes québécois (notamment au niveau de l'âge, du sexe, des types d'invention, etc.), cette situation n'est pas particulièrement problématique dans la mesure où les processus créatifs et les contraintes économiques confrontant les inventeurs autonomes sont presque toujours les mêmes d'un individu à l'autre.

Nous croyons également que notre échantillon est plus représentatif de la dynamique de l'innovation technique que nombre de démarches qualitatives ne comprenant que des inventeurs ayant connu beaucoup de succès (Bianchi, 1974; Jewkes et al., 1969; Langrish et al., 1972) ou de recherches de grande envergure sur des inventeurs hors du

⁹⁴ Madame Couture était au début de notre démarche une associée de Monsieur Paquette. Les deux partenaires ont toutefois rompu leur association au milieu de notre enquête, mais Madame Couture a tenu à respecter ses engagements.

commun (Brown, 1988; Carlson et Gorman, 1992; Mialet, 1994; Weber et Perkins, 1992), car il ne comporte sans doute pas beaucoup de produits qui feront leur marque.⁹⁵ Étudier des échecs nous semble valable pour deux raisons. La première est que leur valeur heuristique est depuis longtemps reconnue, particulièrement dans le domaine de l'ingénierie (Petroski, 1992; 1995; 1996). Deuxièmement, l'immense majorité des innovations techniques ne sont pas fabriquées à grande échelle ou si elles le sont, n'obtiennent aucun succès commercial.⁹⁶ Nous croyons donc ultimement notre échantillon plus représentatif que ceux d'enquêteurs ne s'arrêtant qu'à des entreprises prospères ou à des individus hors du commun.

6.1.2 Objectifs de la démarche empirique

L'objectif initial de notre démarche empirique était de vérifier la pertinence de certaines intuitions acquises lors de nos lectures, d'acquérir une compréhension plus raffinée des processus de combinaison de techniques et / ou de corriger nos postulats. Pour parvenir à nos fins, nous avons élaboré un schéma d'entretien semi-structuré en cinq étapes comprenant des questions ouvertes et fermées (Annexe 1). La première vise la cueillette d'informations objectives sur l'inventeur et son invention la plus récente. Nous procédons ensuite à l'examen plus approfondi de cette invention en documentant son évolution, les caractéristiques de l'acte créatif chez l'inventeur ainsi que le rôle d'autres individus dans la mise au point du prototype ou du produit commercialisé. Nous resituons dans la section suivante la démarche créatrice de l'individu dans une perspective beaucoup plus longue en lui demandant de nous relater brièvement son histoire de vie, et en insistant plus particulièrement sur ses innovations précédentes, sa formation professionnelle, ses diverses expériences de travail et le développement de ses capacités créatrices. Nous cherchons alors à identifier des décisions et des événements ponctuels, mais également des processus d'acquisition de savoir-faire à

⁹⁵ Il est toutefois entendu que les travaux sur Thomas Edison relatent certains échecs, mais les succès d'Edison, d'Elihu Thomson ou d'Alexander Graham Bell sont hors du commun et faussent donc, selon nous, la compréhension de l'innovation technique sous sa forme la plus fréquente.

⁹⁶ Rosegger (1986: 10) cite ainsi une étude de l'OCDE publiée en 1971 selon laquelle 10 000 nouveaux produits sont introduits annuellement aux USA. Selon cette étude, plus de 80% d'entre eux meurent en bas âge (*die in infancy*) tandis que sur les 2000 restants, seulement 100 présentent des avancées techniques significatives. Bien que l'échantillon de 10 000 produits soit restreint, ces proportions nous semblent plausibles. Un entrepreneur et ancien président d'une association d'inventeurs du Saguenay-Lac-Saint-Jean estime quant à lui, en se basant sur son expérience, que seulement 3% des inventions sont des succès commerciaux et que dans 0,5% des cas seulement l'inventeur reste propriétaire de son invention (entretien avec M. Noël Doyle, 27/05/98).

plus long terme. Nous examinons ensuite les raisons du choix de la localisation de l'inventeur, de même que l'importance (ou non) de la proximité géographique avec ses partenaires techniques et économiques. Nous avons finalement ajouté une section sur la propriété intellectuelle à notre questionnaire, mais principalement dans le but de produire un autre travail. Nous mentionnerons néanmoins brièvement nos résultats à ce sujet.

À ce stade de notre travail, i.e. une fois le cadre théorique revu à la lumière de nos observations, nous souhaitons démontrer que les processus que nous avons identifiés jusqu'ici ne sont pas que le fait d'individus exceptionnels et qu'ils sont extrêmement fréquents dans le contexte québécois. Nous comptons donc examiner plus particulièrement les deux thématiques ayant structuré notre travail, soit:

1. Les processus cognitifs liés à la combinaison de techniques, incluant la réutilisation d'expertises antérieures et les emprunts analogiques ayant eu lieu avant et / ou après l'identification d'un problème à résoudre;
2. L'influence d'une ville diversifiée dans la mise au point de l'innovation, tant au niveau des économies d'urbanisation, de la proximité géographique entre individus ayant des compétences différentes que de la stimulation de l'esprit inventif.

Il est toutefois entendu que ces deux thématiques sont étroitement imbriquées et qu'elles sont souvent indissociables dans la plupart des cas que nous décrirons.

6.1.3 Avantages et inconvénients de la démarche retenue

Les démarches qualitatives ont évidemment leurs forces et leurs faiblesses. Elles permettent d'un côté d'établir des liens de causalité et d'examiner un problème particulier sous plusieurs facettes, mais elles sont toutefois longues, coûteuses et difficiles à reproduire. Parce que la généralisation de nos résultats était une préoccupation constante tout au long de l'enquête, nous avons cherché à élaborer une grille d'entretien qui, bien que semi-structurée, renferme des questions relativement simples et pouvant être reproduites par d'autres chercheurs. Bien que nous ayons essayé de rencontrer les exigences habituelles de toute démarche un peu rigoureuse (i.e. la généralisation, la transférabilité et la répliquabilité), nous avons toutefois fait une large place aux commentaires spontanés des inventeurs autonomes, autant par choix personnel qu'en raison de la personnalité de la plupart d'entre eux! En fait, nous avons bien souvent laissé parler les inventeurs tout en nous assurant que tous les points de

notre grille étaient couverts au terme de l'entretien. Nous avons cru valable de procéder de la sorte afin d'éviter toute simplification abusive ou de contraindre arbitrairement les commentaires d'un individu à l'intérieur de l'une de nos catégories. Notre démarche requiert donc quelques commentaires supplémentaires sur sa fidélité et sa validité, ainsi que sur les généralisations que l'on peut en tirer.

La fidélité en recherche est habituellement définie comme la capacité de mesurer constamment la même chose de la même manière. Elle est souvent jugée problématique dans les études qualitatives et l'est certainement dans notre recherche en raison de notre insistance à étudier à des processus dont on ne peut que constater la présence ou l'absence, ou encore leur assigner une valeur ordinale, mais non numérique.⁹⁷ D'un autre côté, la validité interne d'une recherche est ordinairement fonction de ses paramètres et de ses limites. Nous croyons avoir fait un effort convenable en ce sens, dans la mesure du moins où notre modèle théorique des processus de marché et de combinaison de techniques limite le type d'éléments que nous abordons. Nous avons également eu recours aux mêmes illustrations pour expliciter un concept difficile à exprimer oralement. Nous utilisons ainsi les exemples de réutilisation de la "chaîne de démontage" des abattoirs dans l'industrie automobile et de la presse à vin dans l'imprimerie pour illustrer l'emprunt analogique, ainsi que l'importance des cylindres dans l'oeuvre de Thomas Edison pour illustrer la réutilisation des expertises.

La généralisation des résultats est toutefois particulièrement problématique en recherche qualitative. Notre travail empirique et notre recension de la littérature nous semblent toutefois suffisamment larges pour faire ressortir les principales récurrences entre individus et contextes d'innovation. Nous sommes donc confiants que nos résultats se prêtent relativement bien à la généralisation, du moins si l'on adopte la perspective de Yin (1994b).

A fatal flaw in doing case studies is to conceive of statistical generalization as the method of generalizing the results of the case. This is because cases are not "sampling units" and should not be chosen for this reason. Rather,

⁹⁷ Certains psychologues ont évidemment élaboré toute batterie de tests pour évaluer et mesurer des phénomènes comme l'emprunt analogique (Holland et al., 1984; Richard et al., 1990), mais il s'agit toujours de situations artificielles, i.e. que le phénomène à étudier et l'environnement du transfert sont déterminés et contrôlés par l'expérimentateur. Étudier un phénomène hors du laboratoire de recherche est selon nous un tout autre problème, se prêtant mal à l'analyse avec des méthodes cliniques.

individual case studies are to be selected as a laboratory investigator selects the topic of a new experiment. Multiple cases, in this sense, should be considered like multiple experiments (or multiple surveys). Under these circumstances, the method of generalization is "analytic generalization", in which a previously developed theory is used as a template with which to compare the empirical results of the case study. If two or more cases are shown to support the same theory, replication may be claimed. The empirical results may be considered yet more potent if two or more cases support the same theory but do not support an equally plausible, rival theory (Yin, 1994b: 31).⁹⁸

Nous avons pris position d'entrée de jeu en faveur d'une approche où l'on élabore un cadre théorique basé sur d'autres travaux, que l'on confronte ensuite à des cas particuliers, quitte à le modifier à la lumière des résultats obtenus. (La démarche d'analystes étudiant un cas sans véritable recherche documentaire préalable n'est pas selon nous de bon augure pour la portée subséquente de leurs travaux.) Nous avons donc cherché à identifier les principaux travaux sur les inventeurs autonomes, tout en étant réceptif aux idées et suggestions d'intervenants familiers avec ce milieu (présidents d'association d'inventeurs, gens d'affaires et fonctionnaires principalement). Il ne s'agit pas seulement de convenir qu'un cadre théorique facilite la collecte de données, leur interprétation et la reproduction de la démarche, mais également de reconnaître, comme nous l'avons précisé au second chapitre, que tout chercheur possède un certain nombre de préconceptions sur son objet de recherche. Définir un cadre théorique permet toutefois de les articuler tout en favorisant la généralisation analytique.

La principale lacune de notre démarche est l'absence d'entrevues avec des informateurs clés qui auraient pu confirmer, infirmer ou relativiser les propos d'un inventeur. La fiabilité des déclarations des inventeurs est donc problématique, non pas tant en raison d'une propension bien naturelle à embellir son histoire ou à rationaliser ses échecs qu'en raison de la subjectivité de la perception de chaque individu. Langrish et al. (1972) résumant le problème.

Different workers select different "origins" for given innovations. The point was forcibly brought home to us when we provided each other with given sets of facts and asked each other, "What was the origin of this innovation?"

⁹⁸ Il est également intéressant de relever que Yin (1994: 37) se sert du classique de Jacobs (1991) pour illustrer l'art de créer une théorie à partir d'études de cas.

or "Where did the technical idea for this innovation come from?" Even among ourselves, different answers were forthcoming. In view of this uncertainty, the concept of a "time-lag" between a discovery or invention and its exploitation in an innovation is a hazy one, and the debate about whether such time-lags are decreasing seems to us to rest on shaky foundations (Langrish et al., 1972: 7-8).

Nous avons néanmoins interrogé un certain nombre de conjoints et /ou d'associés en présence d'inventeurs (14 cas sur 45). De plus, si l'on constate souvent une certaine distance entre les affirmations d'un individu et la réalité, il est généralement reconnu qu'elle est plus grande lorsque l'enquête a lieu par voie postale que par entretiens face-à-face (Le Bas et Torre, 1993: 85). Nous devons également souligner que si nous avons pu consulter bon nombre de brevets et quelques plans d'affaires, notre enquête a été menée auprès d'individus qui ont généralement horreur de la paperasse. Nous n'avions donc aucune source écrite (calepins de travail, notes, etc.) nous permettant de retracer le cheminement des inventions. Nous avons toutefois souvent pu examiner les premiers prototypes d'une invention, ce qui a permis de corriger partiellement le problème.

Il aurait donc fallu idéalement contrôler les réponses, en vérifier la cohérence et / ou procéder à des redressements. Nous étions cependant limités en termes de ressources matérielles tout en devant opérer à l'intérieur d'un échancier relativement serré. Nous avons donc dû choisir entre la profondeur ou l'étendue de la couverture de notre enquête, ce qui s'est finalement ramené à la sélection d'un petit nombre d'inventions et de plusieurs individus ayant travaillé de près ou de loin sur celles-ci, ou d'un plus grand nombre d'inventions avec un nombre restreint de contrôles. Nous avons jugé plus intéressant de miser sur la quantité, car nous tenions à aborder le plus grand nombre de cas afin de confronter et de raffiner notre cadre théorique. En ce sens, tenter d'obtenir une connaissance plus précise de la contribution de divers individus dans la mise au point d'une innovation nous a semblé moins important que de constater la présence ou l'absence, de même que la récurrence, de certains processus. Nous avons également acquis la conviction au terme de nos entretiens exploratoires que la plupart des inventeurs autonomes jouent le rôle crucial de la conception à la mise en marché de leur innovation. Nous croyons donc que si notre choix méthodologique est criticable sous certains aspects, il demeure néanmoins justifiable dans le cadre d'une démarche exploratoire visant à comprendre et illustrer des processus le plus souvent informels.

6.1.4 De la pertinence d'étudier les inventeurs autonomes

Nous avons pu constater tout au long de notre démarche que l'étude d'inventeurs autonomes en tant que vecteurs de l'innovation technique suscite nombre de haussements d'épaules dans le monde académique. Les inventeurs autonomes souffrent d'un problème de crédibilité assez sérieux en sciences sociales, nombre de chercheurs les traitant à peine mieux que des fossiles ayant survécu dans leurs ateliers au déclin d'un système économique peu sophistiqué (Jewkes et al., 1969: 34-39). L'économiste John K. Galbraith mérite sans doute la palme du genre.

A benign Providence... has made the modern industry of a few large firms an almost perfect instrument for inducing technical change... There is no more pleasant fiction than that technological change is the product of the matchless ingenuity of the small man forced by competition to employ his wits to better his neighbor. Unhappily, it is a fiction. Technical development has long since become the preserve of the scientist and the engineer. Most of the cheap and simple inventions have, to put it bluntly, been made (cité par Jewkes et al., 1969: 29-30).

L'inventeur autonome est également tenu en piètre estime par la plupart des académiciens issus des "sciences dures" où on le dédaigne encore plus que l'ingénieur. L'ingénieur Marvin Camras résume bien ce sentiment en disant qu'il se sent toujours mal à l'aise lorsqu'on le qualifie d'inventeur, même s'il a effectivement mis au point plusieurs choses. Camras rappelle également à quel point la communauté scientifique, et notamment nombre de savants n'ayant rien inventé de leur vie, regardait de haut Thomas Edison à qui l'on reprochait de ne pas respecter de démarches rigoureuses et de se contenter de mélanger des choses⁹⁹ (Brown, 1988: 82).

L'étude d'individus ne travaillant pas nécessairement sur des techniques de pointe nous semble toutefois pertinente pour deux raisons. La première est que, comme nous l'avons déjà souligné dans le troisième chapitre, il n'y a aucune raison de croire que les processus créatifs chez les inventeurs autonomes soient fondamentalement différents de ceux des chercheurs corporatifs, du moins lorsque ces derniers créent quelque chose de nouveau par opposition à la conduite d'opérations sophistiquées, mais routinières. La principale distinction entre un inventeur corporatif et un inventeur autonome se situe donc au niveau de l'objet de leur attention et de leur environnement

⁹⁹ "A lot of the work that Edison did was experimental. He didn't always know the reasons why his experiment worked, but he continued to experiment, and that was not the way the minds of the scientific community worked. They wanted some scientific basis for going to the next step. They claimed he just mixed things together."

institutionnel bien plus que de leur heuristique. Marvin Camras soutient ainsi que l'on peut être créatif dans son sous-sol si l'on s'attaque à des problèmes pouvant raisonnablement être résolus par un individu. Si par contre un individu créatif veut travailler dans un domaine comme l'exploration spatiale, il doit évidemment joindre une entreprise ou une équipe comprenant des gens ayant des compétences poussées et complémentaires aux siennes (Brown, 1988: 82). En fait, notre recension de la littérature nous indique clairement que la nouveauté d'un domaine favorise ordinairement des individus peu conformistes et dont la personnalité cadre mal dans la culture de grandes entreprises (Jewkes et al., 1969: 81; Landau, 1996: 22-3).

La seconde raison d'étudier des inventeurs autonomes est qu'ils sont encore des acteurs de premier plan dans l'innovation technique. Jewkes et al. (1969: 73ss; 91-2; 204-5) démontrent ainsi, par la revue de la littérature la plus détaillée sur le sujet, que le déclin de l'inventeur autonome annoncé par plusieurs auteurs depuis le tournant du siècle ne s'est jamais confirmé, car ce sont des inventeurs autonomes qui ont réalisé les principales percées dans des domaines de pointe tels que la télévision, le moteur à réaction, la xérogaphie, le kodachrome et les transmissions automatiques. Jewkes et al. remontèrent également aux sources de soixante-dix inventions importantes développées au cours du vingtième siècle et constatèrent que plus de la moitié de celles-ci étaient le fruit du travail d'inventeurs autonomes.¹⁰⁰ D'autres auteurs ont depuis remarqué que certains développements subséquents en informatique et en biotechnologie confirment une fois de plus le rôle indéniable des inventeurs autonomes dans l'innovation technique contemporaine (Weber et Perkins, 1992: 294). Il nous semble donc plausible de croire que nombre de contributions importantes seront

¹⁰⁰ Cela ne veut évidemment pas dire que ces derniers ne cédèrent éventuellement pas leurs droits à des entreprises importantes, bien au contraire. Jewkes et al. (1969: 75) font également quelques commentaires intéressants sur le reste de leur échantillon (i.e., les inventions corporatives): "Some of the inventions have arisen in the research organisations of very large firms; others have been produced by much smaller firms. A few have been the outcome of "directed" research where the target has been set for the research workers by the firms; others have had an element of accident about them in the sense that important and unpredictable discoveries have been made in the course of basic research work where no specific problem had been set. In some instances the firm must take the whole of the credit, in others individual inventors have independently been in competition with the firms and have made important contributions. In some cases, although the discovery was made in a firm, it was not a firm in the industry where such a discovery might normally have been expected."

toujours le fait d'individus travaillant en marge des approches dominantes et / ou sur des sujets jugés marginaux par la plupart des experts.¹⁰¹

L'importance des inventeurs autonomes pour l'innovation contemporaine est donc plus grande que ce que l'on imagine généralement. On trouve également un assez grand nombre de documents écrits par des observateurs extérieurs ou des inventeurs sur la genèse de certaines inventions. Le journaliste Kenneth Brown (1988) a ainsi conduit seize entrevues avec des inventeurs américains réputés pour l'écriture de son ouvrage Inventors at Work. Son livre étant toutefois adressé à un lectorat de généralistes, l'auteur n'emploie pas une démarche très systématique pour chacune d'entre elles. Weber et Perkins (1992) combinent à la fois des études de cas rédigées par des observateurs extérieurs et des chapitres écrits par des inventeurs importants relatant leur expérience. Le numéro du printemps 1996 de Daedalus contient les réflexions de nombreux inventeurs sur le thème de "Managing Innovation". La majorité des écrits sur les inventeurs sont toutefois le plus souvent le résultat de l'étude de sources secondaires (Basalla, 1988; Mokyr, 1990; Petroski, 1992; 1995; 1996). Nous n'insisterons toutefois pas davantage sur cette littérature, pour en avoir déjà abordé les points saillants dans les chapitres précédents.

Nous devons finalement souligner que toutes les analyses sur les inventeurs autonomes confirment que l'immense majorité d'entre eux ont des intérêts variés et ne se limitent pas à un domaine (Brown, 1988; Petroski, 1992; Weber et Perkins, 1992). L'un des plus grands inventeurs de l'antiquité, Héron d'Alexandrie, aurait ainsi joué un rôle crucial dans la mise au point d'une lampe auto-réglante, de l'orgue avec soufflets cylindriques, de roues à vent et arbre à cames, de la turbine à vapeur à réaction (l'éolipyle), du verre à ventouse et d'oiseaux artificiels chantants (Klemm, 1966: 31). Khan et Sokoloff (1992) relèvent dans leurs enquêtes sur 160 inventeurs américains du siècle dernier que la grande majorité d'entre eux touchèrent à plusieurs domaines d'activités.¹⁰² À titre

¹⁰¹ Kealey (1996: 86ss) souligne également l'importance cruciale dans l'histoire des sciences des "hobby scientists", i.e. de chercheurs marginaux tels Darwin et Einstein qui ne survivraient sans doute pas dans le monde académique actuel.

¹⁰² Ces auteurs relèvent également que la majorité d'entre eux sont concentrés géographiquement dans les régions les plus développées économiquement à l'époque, soit le sud de la Nouvelle-Angleterre et l'État de New York. Plus de 70% d'entre eux migreront toutefois vers deux ou plus de deux états lors de leur vie active, le plus souvent des régions périphériques vers des régions centrales.

d'exemple, James Bogardus inventa divers mécanismes pour les horloges, les moulins à sucre, les plaques d'impression de billets de banque, les jauges à essence, les montants d'acier pour le bâtiment, etc. Plus près de nous, l'inventeur Stan Mason a mis au point l'emballage individuel sans ficelle pour les pansements adhésifs, la bouteille de plastique compressable pour le ketchup, les contenants de plastique pour micro-ondes, un traitement pour l'acné et des structures de plastique pour soutien-gorge (Cyr, 1997). Les inventeurs autonomes sont donc des candidats tout désignés pour observer comment un technicien transfère un savoir-faire d'un domaine à un autre.

6.2 Caractéristiques générales de l'échantillon

6.2.1 Caractéristiques générales de l'échantillon

Notre échantillon comprend 45 individus rencontrés entre le 13 mai 1997 et le 12 mars 1999.¹⁰³ La durée moyenne des enregistrements a été de près de 2 heures, mais des portions parfois significatives d'un entretien n'ont pas été mises sur cassettes, que ce soit pour préserver la confidentialité de certaines informations, en raison d'un déplacement ou de notre présence dans un lieu public, afin de laisser l'inventeur retrouver une invention mise au rancart depuis plusieurs années, ou encore de la présence d'un chow-chow un peu trop enjoué. L'enregistrement le plus court est de 30 minutes et le plus long de 4h15. La majorité (55%) se situent toutefois entre 1h30 et 2h30. Les inventeurs rencontrés ont été extrêmement coopératifs et nous ont tous donné la permission de les identifier personnellement dans ce travail. Le lecteur trouvera en annexe 2 la fiche signalétique des individus rencontrés, comprenant leur année de naissance, leur occupation principale, leur localisation, si l'inventeur est bilingue, de même que la journée et la durée de l'enregistrement. L'annexe 3 contient la liste des inventions sur lesquelles les inventeurs nous ont donné le plus de détails.

Notre échantillon comprend 41 hommes (91%), ce qui reflète bien le monde de l'invention autonome selon les spécialistes du domaine. L'âge moyen des inventeurs est

¹⁰³ Nous avons interrogé un total de 48 individus. Nous en éliminons toutefois trois de notre échantillon. Les deux premiers, Messieurs Claude Brazeau et Harold d'Anjou, parce qu'ils ne se sont rendus qu'à l'étape du dessin qui n'est que de peu d'intérêt pour notre analyse. Le troisième, Monsieur Robert Deschamps, n'a pas été retenu, car sa conjointe est la véritable conceptrice de l'innovation et n'a pu être rencontrée. Nos annexes comptent toutefois 47 individus, en raison de la présence d'un couple marié et de deux collègues de travail ayant travaillé conjointement sur une invention. La présence d'un deuxième partenaire ayant été véritablement indispensable dans chaque cas, nous les avons inclus, mais nous ne retenons que celui dont la contribution nous semble la plus importante afin de maintenir une continuité dans l'analyse.

de 55 ans en 1999, avec des extrêmes de 33 et 86 ans. 4 inventeurs sont âgés de moins de 40 ans, 33 ont entre 40 et 64 ans et 8 ont plus de 65 ans. 22 individus, soit près de la moitié de notre échantillon, se disent bilingues. Nous soupçonnons toutefois que certains le sont davantage "partiellement" que "complètement". Seul l'entretien mené avec l'ingénieur Walter Nymark a été conduit en anglais. 28 inventeurs (62%) consacrent la majeure partie de leur vie active à leur(s) innovation(s), mais 10 de ceux-ci sont des retraités dont la situation financière ne dépend pas directement de son succès commercial. Les 17 autres inventeurs (38% de notre échantillon) occupent un emploi à temps plein, plus ou moins près du domaine de leur(s) innovation(s).

On relève deux principaux types créatifs dans notre échantillon. Le premier regroupe 41 individus (91%) qui bricolent sans interruption depuis leur enfance. On trouve toutefois quelques individus habiles de leurs mains qui, tels Dorian Dubé et Marcel Larouche, ont consacré l'essentiel de leur vie active à l'entrepreneuriat et la gestion. D'autres, tels Claude Lizé et Richard Jacques, ne se considèrent pas véritablement comme des inventeurs, mais ils ont toutefois réussi à bien s'entourer pour concrétiser leur vision d'un produit. Certains individus, tels que l'administrateur Dorian Dubé ou l'évaluateur immobilier Aurélien Ranger, n'ont acquis aucune formation professionnelle ou expérience technique dans le cadre d'une entreprise, mais ils avouent eux-mêmes qu'ils auraient sans doute été plus à leur place dans un métier technique que dans la gestion. On note également que si la grande majorité des individus que nous avons rencontrés ont innové toute leur vie active, seuls deux d'entre eux ont occupé une fonction dans une unité formelle de R-D: le dessinateur industriel Gérald Labranche et l'ingénieur mécanique Jean Koch. Les trois autres ingénieurs dans notre échantillon ont principalement oeuvré dans la production (2) et la vente (1).

6.2.2 Niveau de formation

Nombre d'inventeurs ont eu une formation technique dans leur jeunesse ou ont suivi des cours du soir et des cours d'appoint alors qu'ils étaient sur le marché du travail. Les spécialités couvertes dans notre échantillon comprennent notamment le moulage du plastique, l'affûtage mécanique, la plomberie, l'ébénisterie, la métallurgie, la soudure, la ferblanterie, l'électronique et le dessin industriel. Notre échantillon comprend un ingénieur électrique (Reinaldo Castillo-Valle) et trois ingénieurs mécaniques (François Charbonneau, Jean Koch et Walter Nymark). On trouve même un comptable titulaire d'un M.B.A en commerce international, M. Richard Jacques. On relève toutefois que

certaines individus ne se sont jamais véritablement servis de leur formation scolaire pour mettre au point leurs inventions (quoique celle-ci ait parfois joué un rôle dans l'identification d'un problème). Madame Diane Beauregard (secrétariat), Line Groulx (coiffure) et Daniel Paquette (policier) en sont les cas les plus probants. Messieurs Mario de Montigny et Michel Boisvert ont une formation en mécanique générale, mais ils ont principalement oeuvré dans le domaine de la construction.

L'immense majorité des individus composant notre échantillon ont de plus acquis une compétence particulière "sur le tas" qui est bien souvent éloignée de leur formation initiale ou de leur premier emploi. Certains ont appris de leurs parents, de leurs collègues de travail, en défaisant des produits ou en expérimentant avec diverses substances et façons de faire. L'inventeur et entrepreneur Camil Lévesque, qui est l'un des principaux spécialistes québécois de la fenestration, se définit ainsi comme "un ingénieur ayant eu la chance de ne pas avoir été déformé par [une] formation professionnelle". On trouve également quelques individus, particulièrement chez les plus âgés, n'ayant complété que quelques années de leur cours primaire. M. Gérard Lupien, un septagénaire n'ayant pas complété sa deuxième année, affirme toutefois en "avoir montré à bien des ingénieurs sur [l'art de construire et de rénover des arénas]".

La plupart des individus rencontrés sont en formation continue dans plusieurs domaines depuis leur enfance, que ce soit de façon formelle ou autodidacte. On peut ainsi prendre l'exemple de M. Gérald Bellerose, un représentant commercial à la retraite de Nicolet et concepteur d'un nouveau type de range-skis. M. Bellerose a grandi sur une ferme et a suivi un cours de pilotage. Il a été policier, gérant d'un magasin de peinture et courtier d'assurance-vie, mais la majeure partie de sa vie active s'est déroulée dans le domaine de la vente pour des entreprises telles John Deere et Massey-Ferguson, ainsi que pour d'autres spécialisées dans les camions lourds et les systèmes radios d'urgence. Il n'a toutefois jamais cessé d'inventer, passant notamment de nombreuses années à essayer de mettre au point un nouveau type de mangeoire pour animaux. Il a conséquemment suivi des cours d'appoint en soudure, en machinage, en électrotechnique, en gestion et en vente afin de se perfectionner et de mener à bien les différentes tâches qui l'intéressaient. M. Bellerose a également construit quelques maisons et géré un certain nombre d'immeubles qui lui appartenaient. Bien que ce cas soit l'un des plus complexes, il illustre bien le problème que nous avons eu lorsque nous avons cherché à compiler quelques statistiques sur le niveau de scolarité (cours

secondaire, collégial et universitaire) et la spécialisation (mécanique, électricité, administration, etc.) des individus composant notre échantillon. Nous avons finalement renoncé à cette entreprise, croyant que les chiffres que nous produirions masqueraient l'étendue des talents de la plupart des individus.

6.2.3 Inventeurs autonomes: Localisation géographique

Comme nous l'avons souligné dans le premier chapitre, la seule notion de diversité locale pouvant avoir un impact significatif sur un individu ne peut qu'être une valeur absolue, car un individu se cherche des contacts utiles susceptibles de l'aider à résoudre ses problèmes. Il a donc bien plus de chances d'en trouver dans une grande agglomération qui peut être statistiquement moins diversifiée qu'une petite ville ne comprenant pas d'industries dominantes (nous revenons ici sur la comparaison entre Pittsburgh et Drummondville). Nous considérons donc que le seul milieu diversifié véritablement susceptible d'avoir un impact dans le contexte québécois est la grande région de Montréal, et nous avons par conséquent cherché à maintenir un équilibre entre les résidents de la métropole et les autres individus. 27 inventeurs (60%) habitent la région de Montréal telle que définie par les organismes statistiques. Il faut toutefois préciser que 8 des 18 autres individus habitent à moins de 100 kilomètres de la grande région métropolitaine. On en trouve 3 au sud-ouest (Valleyfield, Côteau-du-Lac et Huntingdon), 1 au nord-est (Lanoraie) et 4 à proximité de la région du Richelieu (Beloeil, Saint-Luc, Saint-Jude, Saint-Bernard-de-Michaudville). Les 10 autres individus résident en Mauricie (Cap-de-la-Madeleine, Saint-Luc-de-Vincennes, Shawinigan-Sud), dans le centre du Québec (Drummondville, Saint-Théodore d'Acton, Nicolet, Victoriaville), dans la région de Québec (Saint-Raymond de Portneuf, Saint-Isidore de Beauce¹⁰⁴) et dans l'est de la province (Squatec). Notre échantillon est donc assez représentatif du sud du Québec, à l'exception de l'Outaouais. Les régions périphériques (Abitibi-Témiscamingue, Saguenay, Lac Saint-Jean et Gaspésie) n'y sont toutefois pas représentées.¹⁰⁵ Comme nous le verrons toutefois plus en détail, un nombre relativement important d'inventeurs résidant dans la région de Montréal sont originaires de ces régions ou y ont vécu suffisamment longtemps pour comparer le sort des inventeurs en région métropolitaine et périphériques, ce qui apporte selon nous un

¹⁰⁴ Bien qu'officiellement dans la Beauce, ce village n'est qu'à une vingtaine de minutes de Lévis.

¹⁰⁵ Nous avons prévu à l'origine interroger un groupe d'inventeurs localisés en région périphérique. L'entreprise a malheureusement échoué à la dernière minute.

éclairage plus intéressant sur notre problématique que des individus n'ayant pas fait l'expérience de ces deux milieux.

Comme on peut s'y attendre (Lemieux, 1998: 66-68), le lieu de naissance est la principale variable explicative du choix de localisation des inventeurs. La majorité des individus nés dans la région de Montréal sont ainsi demeurés près de leur quartier d'origine, du moins si l'on envisage la région métropolitaine en termes de quelques sous-régions plus larges qu'une municipalité. Il en va de même de la plupart des inventeurs hors de la région métropolitaine. On trouve toutefois, comme nous l'avons mentionné, un certain nombre d'individus issus de régions périphériques ayant tenu à se rapprocher de la métropole, que ce soit pour bénéficier de meilleures opportunités de carrière ou pour avoir de meilleures chances de concrétiser et de commercialiser leur invention. Un petit nombre d'inventeurs ont vécu à l'étranger de façon un peu prolongée, mais un seul a passé la plus grande partie de sa vie à l'extérieur du Québec, le Costa-Ricain d'origine Reinaldo Castillo-Valle. L'immense majorité des individus que nous avons interrogés a toujours vécu au Québec, ce qui n'a évidemment pas empêché plusieurs d'entre eux d'avoir des contrats à l'extérieur de la province, en Ontario et au Nouveau-Brunswick principalement, ou encore de voyager par plaisir ou affaires.

6.2.4 Autres caractéristiques

Tous les inventeurs que nous avons rencontrés partagent les caractéristiques que l'on associe généralement aux créateurs manuels, mais que nous avons choisi de ne pas traiter en détail dans la portion théorique de ce travail. Tous possèdent une facilité déconcertante à visualiser un produit avant de le construire. M. Gérald Bellerose affirme que son range-skis était déjà "dessiné dans [sa] tête avant d'être construit". Tous les inventeurs utilisent abondamment leur subconscient et ont fréquemment des éclairs créatifs. Il est ainsi arrivé à Madame Pauline Brisebois de se lever à trois heures du matin et d'aller travailler 12 ou 15 heures consécutives sur son produit parce qu'elle venait d'avoir un "flash". Benoît Ouellet, l'inventeur du Partitio, relate une expérience similaire.

Un soir... en fait, une nuit... J'ai eu un rêve et à la différence de mes autres rêves, je me suis réveillé et je me suis dit qu'il fallait que j'aie l'écriture, sinon je l'oublierais... J'ai vécu une montée d'adrénaline. J'écrivais rapidement, mais pas assez vite. C'était une vraie folie... J'étais dans la salle à manger et il y avait du papier partout, sur la table, sur les murs, à terre... C'était démesuré. Je ne portais plus à terre.

Des expériences similaires nous ont été relatées par plusieurs individus. Un cas tout à fait particulier est toutefois celui du septuagénaire Gérard Lupien qui, outre une pensée visuelle très développée, dit également "entendre des voix" lui suggérer des innovations. Nous reproduisons ici sa description de l'un de ses moments.

J'étais assis au bout de la table un samedi matin. Je ne voulais plus bricoler, car j'étais fatigué... J'étais en train de prendre un café. Je me lève les yeux, je regarde sur le mur et une voix me dit en arrière: "Gérard, pourquoi ne ferais-tu pas une bibliothèque pliante!" C'est arrivé comme je te le dis mon homme... Je suis resté tout surpris... Tout en étudiant la bibliothèque pliante, j'ai un problème... Un moment donné, la même voix me dit: "Fait une "slut" en-dessous de la troisième section!" Je l'avais l'affaire...

Plusieurs individus s'inscrivent également dans des réseaux formels et informels de récupération des ressources. Bon nombre fréquentent des encans de toute sorte et des marchés aux puces, tandis que d'autres écument les chantiers, les cours à ferraille et les rebuts domestiques, non pas tant pour des considérations écologiques que monétaires. Madame Pauline Brisebois résume assez bien la chose: "Tout ce qui t'entoure, il faut que tu l'utilises à quelque chose... Je pense que c'est surtout ça être un inventeur... Au lieu d'acheter des boîtes, je récupère les boîtes que jette le fabricant de bicyclettes d'à côté. Je cherche toujours de nouveaux usages pour mes rebuts de coton et ainsi de suite". Bien que la plupart des individus rencontrés ne soient tout simplement pas en mesure de gaspiller quoi que ce soit, la plupart ont tout simplement horreur du gaspillage. L'un des plus grands récupérateurs du groupe est d'ailleurs l'individu le plus fortuné! Nous avons également entendu toute sorte d'idées sur le sujet. L'une des plus intéressantes est celle de M. Gérald Bellerose qui souhaiterait, si la chose était évidemment réaliste dans son cas, récupérer les carlingues d'avions mises au rancart pour en faire un système de transport en commun.

Tous les individus que nous avons rencontrés sont curieux et ont des champs d'intérêt très variés. La plupart sont également assez individualistes et émettent souvent des opinions tranchées sur les politiciens, les syndicalistes et les fonctionnaires qui ne sauraient être reproduites intégralement dans un travail universitaire...

6.2.5 Du rôle des brevets

Notre enquête confirme l'inutilité du système des brevets à la fois comme incitatif à l'invention et indicateur du changement technique. Presque tous les inventeurs

interrogés innovent continuellement, que ce soit dans le cadre de leur travail, de leurs loisirs et de leurs activités domestiques. L'immense majorité de ces innovations étant incrémentales, ils n'ont toutefois jamais songé à les breveter. Bien que nous ne puissions avancer de chiffres précis, car la plupart des inventeurs n'ont eux-mêmes aucune idée du nombre d'innovations incrémentales qu'ils ont pu produire au cours de leur vie, il nous semble clair que bien moins que 10% de celles-ci sont brevetées.¹⁰⁶ De plus, la majorité des innovations brevetées qui n'en sont encore qu'à l'étape du prototype ou sont déjà sur le marché n'auront sans doute aucun impact économique, tandis que les innovations incrémentales ont déjà été intégrées à l'appareil productif.

On relève également que seulement 8 inventeurs sur 45 disent qu'ils ne feraient pas d'innovations plus importantes sans le système des brevets. Il nous semble toutefois clair que ces derniers n'auraient pas les moyens d'engager des poursuites coûteuses contre un plagiaire éventuel. Bien qu'une proportion beaucoup plus importante d'inventeurs aient dépensé plusieurs milliers ou dizaines de milliers de dollars dans le passé pour prendre des brevets, la plupart ont appris à leurs dépens que ce système ne leur offre pas de véritable protection et ne comporte à peu près aucun avantage, sinon lors de négociations pour la cession de propriété intellectuelle avec certaines entreprises. M. Paul Boisvert, un entrepreneur en construction ayant investi des sommes colossales en protection intellectuelle, résume bien l'expérience de plusieurs: "Le système des brevets... J'ai eu confiance au tout début, je ne connaissais pas ça... Maintenant que je connais le système des brevets, je ne suis pas du tout en faveur du système... C'est une machine à faire faire de l'argent aux avocats". M. Gérald Bellerose ajoute que: "Personnellement, j'aurais préféré qu'il n'y ait pas de brevets. J'aurais 20 000\$ de plus dans mes poches". M. Claude Lizé ajoute que "c'est ceux qui ne connaissent pas le système des brevets qui pensent que c'est important". Le plus articulé sur la question est toutefois M. François Chartrand, un inventeur à temps plein y ayant investi plusieurs dizaines de milliers de dollars:

Avoir investi autant dans les brevets est mon grand handicap. Cela m'a empêché de commercialiser ma première invention. On arrêtait pas de me dire: "Ça te prend des brevets si tu veux vendre de quoi"... Après que j'ai eu

¹⁰⁶ Il s'agit là d'un chiffre que nous avons déjà entendu lors d'une conférence sur l'innovation technique. M. François Chartrand dit ainsi avoir fait une cinquantaine d'innovations importantes dans sa vie, mais n'en avoir brevetée que trois. M. Gérard Lupien dit en avoir fait le même nombre, mais n'en avoir breveté que deux. Ces proportions nous semblent assez représentatives de notre échantillon.

les brevets, cela n'a rien donné de plus qu'une grosse valise de dépenses. Alors les brevets m'ont empêché d'évoluer. J'aurais jamais eu le titre d'inventeur, mais j'aurais des produits sur le marché... Il est à conseiller à un type qui débute qui n'a pas 100 000\$ uniquement pour se prendre des brevets de ne pas toucher à ça. Fais-ce que tu crois être nouveau et commercialise-le, parce qu'il peut y avoir beaucoup d'années entre l'idée et la commercialisation... Beaucoup d'années de travail pour réduire le prix de fabrication et trouver la façon de le fabriquer... Le type qui débute doit absolument essayer de réussir monétairement avec un produit. Il doit oublier les copies. De toute façon, s'il n'a pas de sommes énormes mis de côté, même s'il a tous les brevets du monde, il ne pourra pas se faire respecter, car il n'a pas les moyens de se défendre en cour. Il va même se faire copier encore plus, car avec les brevets l'information est connue.

La plupart des inventeurs d'expérience sont également devenus réalistes avec la pratique, c'est-à-dire qu'ils réalisent très bien que les chances qu'ils fassent de grosses sommes d'argent avec leur(s) invention(s) sont minces. Madame Diane Beauregard résume bien la pensée de plusieurs en exprimant sa véritable motivation: "Habituellement, l'invention vient de ta tête. C'est vraiment de ton besoin... D'un besoin autour de toi ou qui affecte quelqu'un... C'est vraiment quelque chose que tu vis ou que tu as vécu qui fait que tu vas sortir une invention. Tu n'auras pas de flash s'il n'y a pas de nécessité en quelque part. C'est impossible". En fait, il nous semble qu'une certaine forme de reconnaissance par le reste de la société serait un baume qui cicatriserait bien des plaies et motiverait nombre d'individus à investir davantage de temps et d'énergie dans leurs activités. Un premier pas en ce sens serait de faire un peu plus de place aux inventeurs autonomes dans les différents galas québécois de l'invention.¹⁰⁷

Notre enquête a également révélé un autre problème sérieux pour le système des brevets, soit le très grand nombre d'individus ayant vécu un épisode de découverte simultanée ou ayant eu une idée à laquelle ils n'ont pas donné suite, mais qu'ils ont retrouvé sur le marché quelques temps plus tard. M. Edouard Desrosiers souligne ainsi, avant même que nous lui ayons posé la question, qu'il "y a bien des inventions qui ont sorti auxquelles j'ai pensé d'avance". M. Gilles Lupien affirme avoir songé aux sacs à détritrus de plastique avant qu'ils n'apparaissent sur le marché. Il en va de même pour M. Jean Koch et une "pochette de café" mise sur le marché par General Food; de M.

¹⁰⁷ Nombre d'inventeurs autonomes se plaignent en effet que les concours comme le "Grand prix de l'invention" soit une "patente d'ingénieurs" où l'on ne récompense que l'invention corporative. L'ajout d'une catégorie "inventeurs autonomes" cicatriserait bien des plaies, en plus de fournir une source de motivation qui, sans être suffisante en elle-même, favoriserait grandement l'innovation au Québec.

Marcel Larouche et du Sea-doo; de M. Jean-Marie Gervais et d'un "bouchon-miracle" pour les boîtes de savon; de M. Jerry Mooyekind et du moustiquaire flexible; de M. Lionel Morasse et du patin à roues alignées; de M. Roger Roby et d'un porte-gibier et d'une cuvette de toilette équipée d'un système aspirant les mauvaises odeurs; de M. Paul Boisvert et d'une lame inclinée pour scie sauteuse; de M. Michel Nadeau et du concept de l'opération Nez-rouge et de certains équipements de pêche; de M. Claude Lizé et de la gratte pour enlever la neige sur les toitures; de M. Réal Cantin et d'un sapin de Noël conique rétractable.

Cette omniprésence des inventions simultanées n'est pas étonnante, car le phénomène a été constaté à maintes reprises dans l'histoire des techniques, quoique jamais à notre connaissance auprès d'un échantillon d'inventeurs ordinaires. Ses conséquences au niveau de la justification du système des brevets sont toutefois importantes. M. Sylvain Cardin, le concepteur d'un appareil fonctionnel pour déglacer les essuie-glace de camions, pourrait ainsi se faire poursuivre s'il décidait de le fabriquer, car bien qu'il ait conçu son produit sans consulter d'autres brevets, on en trouve trois, dont deux très récents (1995 et 1996), qui présentent des caractéristiques similaires, mais dont les inventions y étant décrites ne sont pas sur le marché. Ce problème ne se poserait toutefois pas si le système de propriété intellectuelle pour les inventions mécaniques ressemblait davantage au modèle du copyright, car M. Cardin n'aurait alors qu'à prouver qu'il ne connaissait pas les autres inventions avant de mettre la sienne au point. La chose ne serait pas trop difficile dans son cas, car il ne parle pas anglais et n'a jamais consulté personnellement le registre de l'Office de la propriété intellectuelle avant de mettre au point son prototype.

Nous devons finalement dire quelques mots sur la lettre de confidentialité qui est un document qu'un inventeur fait signer à une autre personne lorsqu'il lui présente son invention. Il semble là également que cette stratégie de protection intellectuelle ne soit pas vraiment efficace. Madame Micheline Lévesque a fait signer un tel document au vice-président d'une entreprise manufacturière ayant une très grande expérience avec les inventeurs autonomes. Comme le rapporte le conjoint de Madame Lévesque, ce dernier lui confia cependant que ce genre de document n'a pas une très grande valeur.

Ma femme lui fait signer une convention. Il lui a dit: "Honnêtement Micheline, je te la signe ta convention... Je suis très à l'aise avec ce que tu as écrit dans ta convention, mais je te le dis... Ces conventions là, tu peux contourner ça, tu peux pas imaginer... Je suis dans le milieu depuis

longtemps et il faut avoir l'élément confiance qui est très important pour opérer".

La lettre de confidentialité est toutefois peu coûteuse, car il suffit de s'en faire rédiger un exemplaire par un avocat. Elle nous semble donc plus beaucoup plus justifiable qu'un brevet.

6.2.6 Innovations: Caractéristiques générales

L'immense majorité des 60 innovations de notre échantillon sont des biens de consommation courants. On y trouve que deux appareils ayant été élaborés dans un cadre industriel, soit la machine à poser des moustiquaires de M. Camil Lévesque et le testeur de continuité de courant électrique de M. Reinaldo Castillo-Valle qui a été mis au point pour résoudre un problème pressant dans l'environnement à risque des complexes pétro-chimiques. 7 autres innovations (13%) ne visent toutefois pas le marché domestique: la "valise diagnostic pour autos" de M. Régis Bélanger, la "Règle Chartrand" (un instrument de mesure d'impact pour les accidents d'automobiles) de M. François Chartrand, le bâton buccal de M. Marcel Larouche, le "Service-Plus" (système électronique de réservation) de M. Michel Nadeau, le SA-28 (système d'urgence pour feux de signalisation) et le système d'ancrage pour panneaux de signalisation de M. Daniel Paquette et finalement le "Lay-On" (dispositif pour le transport de grandes échelles) de M. Jean Vityé. 4 innovations (7%) visent à la fois le marché domestique et commercial, soit le testeur de continuité de courant électrique de M. Castillo-Valle auquel on peut trouver des usages autres qu'industriels, le fuseau-fix (petit dispositif servant à couvrir les raccords de fils électriques) de M. Mario Daigle, l'applicateur pour scellant de M. Mario de Montigny et l'herbicide biologique de M. Gilles Lupien. 20% de notre échantillon d'innovations vise donc les marchés commercial et industriel, les autres étant essentiellement des produits de consommation courante. Comme nous l'avons toutefois souligné plus tôt, la très grande majorité des inventeurs interrogés ont fait d'innombrables innovations incrémentales dans un contexte industriel ou commercial au cours de leur vie active.

6.3 Sur les récurrences dans l'innovation technique

Nous avons élaboré dans le troisième chapitre une certaine vision de l'innovation technique reposant sur cinq constats: 1) la résolution de problèmes; 2) la multiplicité des approches; 3) le processus d'essais et d'erreurs; 4) le processus combinatoire; 5)

l'absence de solutions définitives. Nous pouvons maintenant les réexaminer à la lumière de nos entretiens.

6.3.1 *La résolution de problème*

La résolution de problème est le point de départ de tous les inventeurs rencontrés. Le spécialiste en chauffage Fernand Degagné souligne ainsi qu'une invention "c'est toujours un problème que l'on rencontre... et où on se dit que l'on peut faire mieux". L'ingénieur Jean Koch abonde dans le même sens: "J'invente pour régler des problèmes... La frustration... J'aime pas parler comme ça parce que j'ai l'air d'un gars frustré, mais c'est vrai". L'entrepreneur Camil Lévesque soutient que le point de départ de toute innovation, c'est "toujours d'être insatisfait de ce qui existe". Jean-Marie Gervais explique la motivation derrière une innovation industrielle importante qu'il a mise au point en 1960: "Je travaille [sur une machine]. Il y a des problèmes. Je vis des difficultés et j'essaie d'améliorer". L'entrepreneur Paul Boisvert dit que "l'on se lance un défi à soi-même. On trouve du plaisir, surtout à résoudre, même partiellement, un problème".

L'immense majorité des inventeurs s'intéressent surtout à des problèmes qui les affectent directement. M. Daniel Paquette (1995: 31) résume bien la chose en soulignant "que les inventeurs qui [lui] soumettent une première idée ou qui [lui] demandent des conseils se sont presque toujours inspirés de leurs activités quotidiennes ou d'un domaine qui leur est très familier". M. Jerry Mooyekind s'est décidé à concevoir sa barre de sécurité pour les patios après avoir observé des voleurs s'introduire chez lui par effraction. Il avait toutefois songé à un tel dispositif quelques années auparavant pour prévenir les noyades de petits enfants. M. George Côté soutient avoir inventé "à cause d'un divorce", car il habitait un bungalow de banlieue avant sa rupture et aimait y étendre son linge sur une corde, mais il s'est par la suite retrouvé dans un appartement où cette option n'était plus possible. Il a donc inventé une corde à linge spéciale s'accrochant sur les balcons. M. Sylvain Cardin est camionneur en Gaspésie et sur la Côte-Nord depuis une quinzaine d'années. Il va sans dire qu'affronter quotidiennement l'hiver dans ces régions est problématique, car la neige et la glace s'accumulent rapidement dans les essuie-glace et obstrue la vue du conducteur, qui doit alors s'arrêter fréquemment pour les secouer. Cette situation est dangereuse pour le conducteur, en plus d'occasionner des pertes de temps et d'argent pour son employeur. M. Cardin a donc mis à profit le temps qu'il peut avoir pour réfléchir dans

son métier pour mettre au point un appareil secouant les essuie-glace à partir de l'intérieur de sa cabine.

Bien que les problèmes affectant directement les inventeurs semblent de loin les plus nombreux, l'observation d'un problème confrontant un autre individu a été mentionnée à quelques reprises. Certains spécialistes ou bricoleurs à la réputation bien établie dans leur milieu sont également souvent approchés pour régler un problème confrontant d'autres individus. Nous ne trouvons toutefois qu'un seul inventeur, M. Denis Morrissette, disant ne s'attarder principalement qu'aux problèmes lui ayant été soumis ou affectant d'autres individus.

Faut que tu regardes toujours à l'entour, n'importe qui qui travaille, ou pourquoi tu devrais améliorer une affaire. Comme le Compagnon [une petite marche ajustable que l'on pose sur les pneus de camions], ça a été inventé en regardant mon voisin... Il est monté dans un escabeau pour laver son camion et il est tombé avec, fait que lui m'a aidé à inventer de quoi... C'est un bonhomme d'à peu près ma taille, 5'6"...

6.3.2 *La multiplicité des approches*

Il y a toujours plusieurs façons d'aborder un problème. Nous n'avons pas ici grand chose à ajouter à notre analyse de la section 3.4.2, sinon quelques illustrations supplémentaires. L'invention d'un support à bicyclettes par M. Daniel Paquette illustre bien le phénomène. L'idée lui est venue lorsqu'un collègue lui a fait remarquer qu'il n'existait aucun support à vélo conçu pour un usage domestique. M. Paquette ne juge pas de prime abord le problème très difficile à résoudre. Il change toutefois son fusil d'épaule au bout de quelques semaines en comprenant pourquoi un tel objet n'est pas déjà sur le marché.

Les différentes caractéristiques que doit posséder ce support à bicyclettes semblent, à première vue, bien simples: il doit être assez léger pour être transporté sans effort, assez lourd pour ne pas basculer lorsqu'on y placera les bicyclettes, avoir un beau design, ne pas nécessiter d'entretien et être conçu pour recevoir quatre bicyclettes, soit deux bicyclettes d'adultes et deux bicyclettes d'enfants, qu'il s'agisse de vélos de course ou de montagne. Et enfin, le prix ne doit pas excéder 40\$ (Paquette, 1995: 125).

Il est évidemment possible de concevoir un support en métal, mais le poids du produit final interdit cette avenue. L'utilisation de l'aluminium permettrait de résoudre ce problème, mais le coût deviendrait alors trop prohibitif. L'inventeur songe donc au moulage par injection (i.e. remplir un moule de plastique), mais son produit serait alors

trop léger. C'est en fouillant machinalement dans un rolodex qu'il se souvient d'un dessinateur industriel pouvant l'aider. Il entre alors en contact avec ce dernier qui lui suggère quelques semaines plus tard de fabriquer un support en soufflant plutôt qu'en injectant le plastique (i.e. que l'on obtient alors une "coquille" de plastique vide à l'intérieur). Le support serait ainsi assez léger pour être transporté et il suffirait de le remplir d'eau pour le rendre suffisamment lourd pour maintenir les bicyclettes en place. Cette solution s'avérera finalement la bonne. On peut toutefois noter que M. Paquette, qui paradoxalement connaît alors mieux le soufflage que l'injection de plastique en raison de ses inventions antérieures dans le domaine des bouteilles, aura eu besoin de l'apport d'un autre spécialiste pour adapter presque directement son bagage accumulé.

Une autre invention illustrant la multiplicité des approches est le coussinet réfrigérant (*Polar pad*) de M. Walter Nymark. Le but visé par l'utilisation de ce petit appareil électronique est d'appliquer une substance froide sur les blessures, conformément aux principes de la criothérapie. Le moyen le plus répandu jusqu'à maintenant est d'appliquer un morceau de glace sur la blessure, ou sinon de l'emballer dans un morceau de tissu avant l'application. La glace fond toutefois rapidement, ce qui occasionne plusieurs problèmes. On peut également utiliser des contenants de plastique devant être placés au réfrigérateur plusieurs heures avant leur application, mais ces derniers ne demeurent pas froids très longtemps et couvrent, règle générale, une surface beaucoup plus grande que la blessure, ce qui occasionne certains effets secondaires néfastes. Le bain d'eau glacée est également une autre option pour certaines parties du corps (mains, coudes et pieds), mais il a pour principale conséquence d'immobiliser le patient tout en couvrant encore une fois une surface beaucoup plus grande que celle de la blessure. Le coussinet réfrigérant est par contre prêt en quelques secondes et s'applique aussi souvent et aussi longtemps que désiré, sans aucun inconvénient pour le patient. Son petit volume le rend beaucoup plus maniable que certains appareils mécaniques et électriques utilisés par les physiothérapeutes et les chiropraticiens, mais qui ont le désavantage d'être gros et encombrants en plus d'immobiliser le patient.

6.3.3 *Le processus d'essais et erreurs*

Un fastidieux processus d'essais et erreurs est inévitable pour à peu près toutes les innovations techniques. Presque tous les inventeurs de notre échantillon ont donc mis au point et raffiné un assez grand nombre de prototypes de leur(s) invention(s), le plus

souvent pendant plusieurs années. M. Noël Doyle a réalisé 29 prototypes de sa corde à linge automatique, le moins cher lui ayant coûté 45 000\$ et le plus dispendieux 125 000\$. Bien qu'il s'agisse d'un cas étant dans une classe à part en termes d'investissement monétaire, il illustre bien les difficultés de la mise au point d'un produit qui ne semble pas présenter de problèmes techniques insurmontables. Daniel Paquette illustre également le processus en relatant les aléas de la mise au point d'une petite cruche de plastique.

La production en série [des Jog'O] n'a pu être entreprise sur-le-champ. Les problèmes techniques se succèdent. Par exemple, pour corriger les bouteilles qui fuient, il faut retourner les moules une dizaine de fois chez le fabricant afin qu'on y effectue des ajustements. Chaque fois, il faut compter des semaines avant que les moules reviennent (Paquette, 1995: 53).

Comme le remarque toutefois M. Mario Daigle, un inventeur doublé d'un spécialiste du moulage du plastique: "Quand tu développes un produit, il faut d'abord faire un prototype, le développer, jouer et le montrer au monde pour voir l'intérêt et prendre des suggestions... Il faut prendre le temps de bien développer son produit... Ça sert à rien de brûler les étapes". Un long processus d'essais et d'erreurs n'est toutefois pas que le lot des inventeurs autodidactes ou dépourvus de formation technique poussée. L'ingénieur électrique Reinaldo Castillo-Valle met ainsi au point huit prototypes de son testeur de continuité de courant électrique avant d'en concevoir un qu'il juge suffisamment convenable pour être présenté à des entreprises. L'ingénieur mécanique Walter Nymark s'est procuré des dizaines de cellules thermo-électriques dans le but de mettre au point un certain nombre de prototypes de son coussinet réfrigérant.

As simple as that sounds, there are so many variables involved in it... The size of the unit, the voltage of the unit... The type of unit (referring to how many junctions there are in it) and many others... So, I had to try all that... because nobody was really sure of what the optimal cycling was... And we had no control box to control all those variables.

En fait, comme le confirme l'ingénieur mécanique Jean Koch:

On dit que le génie c'est de la science appliquée. Dans un sens c'est vrai parce que ça prend beaucoup de mathématiques pour arriver à un résultat précis. Ça reste quand même un peu empirique. On dirait que la vraie vie ça correspond pas toujours aux formules mathématiques, même loin de là bien souvent. Il reste une partie mathématique, une partie design, une partie qui est des essais successifs, des *trials and errors*.

Tous les inventeurs que nous avons interrogés reconnaissent évidemment la valeur heuristique des échecs. Comme le remarque Paul Boisvert: "On apprend beaucoup par soi-même, en observant les autres et en manquant son coup!" Walter Nymark ajoute également que: "Ideas that are discarded are also important". Selon Daniel Paquette, la principale chose qu'un inventeur apprend de ses revers, c'est que la plupart sont attribuables à sa méconnaissance du domaine de l'invention qu'il tentait de mettre au point. Le principal piège guettant selon lui les inventeurs autonomes est d'envisager spontanément plusieurs solutions potentielles à un problème à partir de "conseils d'amis ou de connaissances, de lectures et de conversations anodines" (p.160). Il suggère plutôt l'approche de la table rase.

Lorsqu'on travaille à une invention, il faut repartir à zéro chaque fois. Si votre produit est lié à un domaine ou à un milieu que vous ne connaissez pas, vous devrez examiner ce milieu jusqu'à en connaître par coeur les moindres détails et jusqu'à ce que le problème qu'on avait soulevé en devienne un pour vous aussi. Par la suite, quand vous croirez avoir trouvé la solution à ce problème, quand vous aurez fait des esquisses et des maquettes, il faudra vous pencher sur les méthodes de production, même si ces démarches semblent longues et inutiles (Paquette, 1995: 160-1).

Paquette suggère donc aux inventeurs de se limiter à quelques techniques qu'ils appliqueront ensuite à plusieurs domaines. Il s'est lui-même spécialisé dans les produits créés à partir du soufflage du plastique. On relève toutefois que si certains inventeurs interrogés obéissent à cette logique, comme par exemple M. Sylvain Cardin qui se limite essentiellement au domaine de la mécanique, la plupart sont toutefois de véritables touche-à-tout s'attaquant de diverses façons à des problèmes extrêmement variés.

6.3.4 L'innovation en tant que résultat d'une combinaison

Notre enquête confirme une fois de plus que l'innovation résulte de la combinaison de choses existantes. Parce que nous aborderons cette problématique plus en détail à la section suivante, nous nous contenterons ici de fournir quelques illustrations. L'entrepreneur en plomberie Gaétan Aimola a combiné un mirador et un transporteur de gibier pour concevoir une remorque à usages multiples pour son loisir préféré, la chasse à l'arc au gros gibier. Ce produit est toutefois plus qu'un mirador et une remorque, car il peut également être converti en table de pique-nique, en siège, en structure de sac à dos, en base de lit de camp et en civière. Madame Pauline Brisebois a combiné un drap de coton et un drap de cuivre qu'elle a observé en Europe pour créer la housse de

matelas CO-SY. M. Roger Roby a mis au point un coussin acoustique qui est un hybride entre le casque d'écoute et la radio portative.

On peut toutefois illustrer quelque peu les processus par lesquels certains inventeurs en sont venus à combiner des choses différentes. L'inventeur Gérard Labranche a eu l'idée de combiner deux artefacts observés lors d'un séjour à Disneyland en 1980. Après avoir visité un pavillon où la fibre optique occupe une place prépondérante, il observe un peu plus loin quelques arbres de Noël illuminés avec des ampoules décoratives conventionnelles. C'est à ce moment que se produit le déclic: Pourquoi ne pas substituer la fibre optique à l'éclairage conventionnel? M. Labranche aura toutefois besoin de plus de 7000 heures de réflexion, de démarches auprès de différents fournisseurs et d'essais et erreurs pour mettre au point son invention. L'invention de la "Nightball" par Daniel Paquette est également intéressante. Il relate que lors d'un séjour en Floride, son fils et lui se mirent rapidement à écumer les magasins à grande surface "à la recherche d'un produit inconnu, à l'affût des nouvelles tendances, des idées les plus novatrices" (Paquette, 1995: 108). Ils achètent donc quantité de petits objets, dont notamment des bâtonnets de deux centimètres et demi de longueur qui ont la propriété d'émettre de la lumière lorsqu'on les plie en mettant en contact deux produits chimiques jusque-là isolés, ainsi que de petites balles de caoutchouc translucide renfermant un grelot. Plus tard ce soir-là, Paquette songe à insérer un des bâtonnets à l'intérieur d'une balle translucide dont il a retiré le grelot. Après avoir constaté l'intérêt d'autres touristes pour le produit, il contacte des personnes ressources à son retour à Montréal afin de fabriquer un moule spécialement conçu pour maximiser la brillance du bâtonnet et de se lancer dans la fabrication du produit (Paquette, 1995: 107-9).

6.3.5 L'absence de solutions définitives

La perfection n'est pas de ce monde et la plupart des "inventions" de notre échantillon ne sont en fait qu'une suite ininterrompue de petits ajustements dont leurs concepteurs et utilisateurs ne sont jamais totalement satisfaits. M. Gérard Labranche soutient ainsi que son vélo Quetzal contient au moins 300 innovations, tandis que l'exer-cycle de M. Lionel Morasse en compterait près de 70. M. Harmel Guérin, un entrepreneur spécialisé dans la pose des "plafonds" de toitures des pompes à essence, s'est fait fabriquer une boîte de camion aux dimensions spéciales qu'il a équipée de nombreux systèmes d'échafaudages intégrés. Ce camion modifié comporte facilement plusieurs dizaines de petites innovations et lui permet de travailler trois fois plus rapidement et avec trois fois

moins de personnel que ses concurrents. Il a toutefois encore des idées pour l'améliorer.

M. Paul Boisvert dit avoir passé près de huit années complètes sur son cabinet d'aisance amélioré et avoir mis au point pas moins d'une quarantaine de prototypes. Il croit finalement son produit suffisamment convenable pour être présenté à des compagnies dans le domaine, mais ses démarches échouent.

Ça ne marchait pas... On avait des problèmes de fabrication... C'était pas au point... Une invention on peut travailler là-dessus, ça paraît simple, mais il n'y a presque pas de fin... Une toilette, c'est comme l'automobile. Ça existe depuis très longtemps, mais on arrête pas de l'améliorer... Toutes les inventions qui existent, c'est jamais terminé. Il y a toujours une certaine évolution à faire...

On relève également que certains inventeurs qui croyaient avoir atteint les limites de leurs capacités ont reçu des recommandations utiles du personnel du Monde des inventions québécoises. M. Sylvain Cardin s'est ainsi fait suggérer d'ajouter un moteur électrique à son déglaceur d'essuie-glace, tandis que M. Gérald Bellerose s'est fait conseiller de fabriquer son range-skis en plastique plutôt qu'en bois. Tous les inventeurs constatent donc que l'innovation n'est qu'une suite ininterrompue de résolution de problèmes. M. Jean Koch résume le mieux le processus: "Bien souvent, je règle un problème à une place, mais j'en crée un à une autre place... Ça c'est le défaut de bien des inventions. T'as réglé un problème pis t'en a créé un autre. Ça arrête jamais".

Nos entretiens illustrent donc selon nous de façon convaincante l'importance de certaines récurrences dans le processus créatif. Certains individus sont évidemment plus prolifiques que d'autres, mais ils ne travaillent pas de façons fondamentalement différentes. Nous pouvons maintenant illustrer davantage les combinaisons de techniques.

6.4 Sur les processus de combinaison de techniques

Comme nous l'avons souligné à maintes reprises dans ce travail, la combinaison de techniques résulte de deux actions fondamentales: 1) trouver un nouvel usage pour un savoir-faire; 2) incorporer quelque chose de nouveau à un savoir-faire déjà existant. Nous avons ensuite analysé la combinaison de techniques dans le cadre d'une

entreprise et de la collaboration entre employés de différentes entreprises. Notre échantillon d'inventeurs autonomes ne nous a toutefois pas toujours permis d'étudier la combinaison de techniques selon la grille que nous avons élaborée pour les entreprises. Nous avons donc cru plus efficace d'illustrer ces processus en nous limitant à l'examen des deux principes fondamentaux de la combinaison de techniques.

6.4.1 Trouver de nouvelles applications pour les acquis préalables

Les inventeurs que nous avons interrogés sont pour la plupart des individus créatifs et très habiles manuellement. Outre quelques exceptions, tous ont oeuvré dans plus de trois domaines passablement différents les uns des autres, car la routine les lasse rapidement. Gaétan Aimola, aujourd'hui entrepreneur en plomberie, a roulé sa bosse dans une fabrique de néons, dans la fabrication de roulottes, comme technicien en armement dans les forces armées canadiennes, dans la gestion d'immeubles, dans la pose du marbre et dans l'aménagement paysager. Il a donc appris diverses choses dans chacun de ces domaines, allant du travail des métaux à la façon de se comporter devant un juge. L'inventeur Jean-Marie Gervais a été machiniste industriel et opérateur dans les industries sidérurgique, chimique, aéronautique et de l'armement. Il a également été courtier d'assurances, agent d'immeubles et fabricant de porcelaine fine, en plus d'avoir suivi des cours d'appoint presque toute sa vie active. Diane Beauregard, secrétaire de formation, a travaillé pour le Ministère du revenu canadien et dans les domaines du design d'intérieur, du recouvrement de meubles, de la haute-couture et de la pose d'armoires de cuisine. L'ingénieur mécanique Jean Koch a oeuvré dans le béton, le textile, l'énergie atomique, les portes de garage et le financement d'entreprises. L'ingénieur mécanique François Charbonneau a travaillé dans le secteur manufacturier (auto, camion, plastique), dans une cimenterie et dans le raffinage du minerai. Il avoue lui-même ne pas tenir en place: "Comme ingénieur, j'étais jamais capable de rester plus de deux ou trois ans à la même place... Au bout de deux ou trois ans, je savais tout. J'avais tout fait. J'avais besoin de nouveaux défis. Je regardais ailleurs pour trouver des opportunités d'avancement".

Comme nous l'avons souligné à maintes reprises dans les chapitres précédents, les individus créatifs trouvent constamment de nouvelles applications pour leurs savoir-faire. M. Jean-Marie Gervais soutient que tout qu'il a fait lui a été utile et que "rien n'a été perdu". M. François Chartrand dit également se servir "de tous ses acquis" dans le domaine de la machinerie lourde, de l'entretien de véhicules, dans la fabrication de vélos

et dans l'industrie textile. On peut toutefois examiner la réutilisation de l'expérience antérieure sous trois angles, soit la réutilisation des expertises, des produits et des contacts antérieurs, bien qu'encore là un individu fasse souvent appel à ces trois facettes de son expérience pour résoudre un problème dans un nouveau domaine. Nos observations nous laissent cependant croire que la réutilisation des expertises est probablement la facette la plus importante, bien qu'elle soit souvent indissociable des contacts antérieurs. Nous reviendrons également sur les inconvénients d'être un expert dans un domaine.

La réutilisation des expertises

M. Alain Groulx, un boulanger de formation, a mis au point avec sa conjointe un pain à la forme passablement différente de ce qui existe actuellement sur le marché, le Goozi. Bien que la principale composante de son invention, la pâte, soit issue en droite ligne de son expérience de boulanger, son invention a toutefois été grandement facilitée par son séjour dans une fabrique d'acier galvanisé avant qu'il ne devienne boulanger, car il a pu produire ses premiers moules à bon compte. M. Jean-Marie Gervais s'est servi de son expérience dans la porcelaine et dans la soudure pour fabriquer des moules de plastique pour sa prothèse-rateau pour le billard. L'ingénieur Walter Nymark décrit comment il a utilisé une portion de son bagage professionnel pour mettre au point le

Polar Pad:

Other things that I have learned in other areas I have applied [in the Polar Pad]... As far as the various components that go into it... I know the principles of it... I've learned that at the university, in high school, in various jobs... I don't remember where I learned something about battery chargers, but I had plenty of experience with that... As far as making a business plan... or the approach that we had to take in drawing up a business plan, collecting data, I can trace that to the days I was doing market research at Caterpillar... (Nymark, 1997).

Gérard Labranche, un dessinateur industriel ayant notamment oeuvré dans une entreprise fabriquant des boîtes de camion, chez un manufacturier de machinerie pour moulins à scie, dans la division du transport en commun de Bombardier et chez un constructeur de machines pour la fabrication de pâtes et papiers, s'est abondamment servi de ses expériences antérieures pour mettre au point son vélo réclinant Quetzal. Il mentionne ainsi: "J'avais l'expérience du transport chez Bombardier... Là-dedans [le Quetzal] ce que j'ai fait, c'est que j'ai mis tous les principes que je connaissais dans les pâtes et papiers, chez Bombardier, c'est un mix de toute mon expérience".

M. Roger Roby avait plus de vingt ans de métier dans la soudure industrielle quand certaines circonstances l'ont amené à quitter le secteur manufacturier pour aller oeuvrer dans l'entreprise textile de l'un de ses frères. Il décrit comment son expérience antérieure lui a été utile pour innover dans son nouveau domaine.

Premièrement les métaux... L'utilisation de certains métaux... [J'ai dit à mon frère] on mettra pas ça. Ça n'a pas de tension, pas de ressort. Ça ne durera pas... Après ça, je disais "J'ai vu ailleurs un petit moteur... Ça pourrait entrer là"... Même chose pour d'autres pièces... Même chose pour le plastique, je savais où en trouver. J'avais des contacts. Je savais m'en servir et me faire aider... Mon frère me dit: "On va faire ça en plywood". Je lui dit que ça ne marchera pas, parce qu'il ne résistera pas à l'usure et que le vernis colle lorsque c'est trop humide... Tu te sers de l'apprentissage que tu as et tu t'en sers pour développer autre chose... Les transferts de technologie et les contacts... Les contacts, c'est très important... C'est de la richesse en banque.

Julien Beaulieu, l'un des deux inventeurs d'un système de porte de garage jumelé à une porte piétonnière indépendante par une colonne amovible, décrit comment il a contribué à transférer certaines connaissances du domaine de l'imprimerie à celui du bardeau d'asphalte.

Quand je travaillais sur les couvertures... Quand on finissait les jobs... Le tanker où on met de l'asphalte, des fois quand il était arrêté des fins de semaine... ou dans des grands congés... Quand on venait pour repartir le tanker, il s'était ramassé ça d'épais d'asphalte sur les parois... Les gars montaient sur le tanker, puis ils fessaient à la masse pour décrocher ça... J'ai dit à mon boss: "Moi, je me souviens quand je travaillais dans l'imprimerie, on utilisait une sorte de solvant pour enlever de l'encre... Quand on mettait ça dans les récipients où il y avait des presses pour enlever ça, on nettoyait ça avec des guenilles et ça prenait des containers de guenilles... Lorsqu'on avait finit de nettoyer on avait un autre problème, car un résidu de pétrole restait sur les parois... et la façon qu'on avait de décoller ça, c'était d'utiliser de l'eau chaude".... [Donc] j'ai dit à mon boss [chez le poseur de couvertures]: "Pourquoi... on pourrait pas mettre de l'eau chaude dans le tanker pour faire fondre la vieille asphalte... Et après ça, on va vidanger l'eau". Depuis ce temps-là, il le fait encore... et il sauve beaucoup d'argent... Et c'est le seul qui le fait... Je regarde nos voisins en arrière [un autre fabricant de couvertures d'asphalte dans un parc industriel de Montréal-Nord]... Ils le font pas... et c'est pas moi qui vais leur dire...

M. Beaulieu dit toutefois n'entretenir aucune animosité pour l'entreprise voisine. Il ne voit tout simplement pas pourquoi il leur suggérerait une façon d'améliorer leur façon de

faire. Peut-être s'agit-il là de l'une des raisons qui en font un meilleur technicien qu'entrepreneur?

La réutilisation des expertises antérieures dans de nouveaux domaines va donc de soi pour tous les inventeurs que nous avons interrogés. L'ingénieur mécanique François Charbonneau résume bien les propos du plus grand nombre:

Tu transportes tout le temps un bagage d'expériences d'un domaine à l'autre... Je suis même prêt à dire que ça se ressemble toute... J'appelle ça un "food processor", une recette à gâteau, autant que tu sois dans les mines, le plastique, chez GM, partout il y a des systèmes de réservoirs, des pompes... Tu as plein de pompes, de compresseurs, de tuyauteries dans chacun des secteurs... excepté chez Kenworth, où tu n'auras pas de tuyauteries, mais tu auras beaucoup de convoyeurs aériens pour différents systèmes [comme dans d'autres industries].

Nous avons également tenté de vérifier si le contexte d'apprentissage et de travail influence la capacité d'un individu à réutiliser ses expertises. Il semble que la taille de l'entreprise joue un certain rôle dans l'acquisition du savoir-faire. Plusieurs individus interrogés croient ainsi que le fait d'oeuvrer dans une petite entreprise favorise la créativité, car l'absence de définition de tâches précises, de syndicats et de plusieurs échelons de supervision obligent les individus à faire plus de choses. Le domaine dans lequel oeuvre un individu joue également un certain rôle, quoique comme nous l'avons déjà mentionné à quelques reprises, la majorité des inventeurs ont pris des cours d'appoint dans plusieurs domaines. L'entrepreneur Camil Lévesque résume bien les commentaires de plusieurs sur l'impact du domaine d'expertise sur la réutilisation des savoir-faire:

Pendant un cours à l'école technique, j'ai appris des choses de base... électrique, machiniste, fonderie, des moules, etc. [C'est] un cours qui m'a donné des connaissances générales... Dans le dessin, là aussi, la menuiserie, la modèlerie... Ça se ressemble... Si tu as deux métiers qui ont des similarités, comme la menuiserie ou l'ébénisterie et la machinerie... Sors de ces formations là pour faire d'autre travail, puis tu vas voir que tu peux faire beaucoup de choses... Il y a par contre d'autres corps de métier où... Il y a des gens différents, mais tu vas voir que c'est plus difficile de faire autre chose...

Quoiqu'il en soit, la réutilisation des expertises antérieures dans de nouveaux domaines est très répandue. La plupart des individus que nous avons rencontrés possèdent des

compétences précises, mais relativement larges et qui s'appliquent bien dans différents domaines, ce qui ne peut sans doute que faciliter le processus.

Trouver un nouvel usage pour un produit

La plupart des inventions que nous avons examinées ont été conçues dans un but bien précis, mais on leur a parfois trouvé de nouveaux usages. Dans certains cas, ce sont les inventeurs eux-mêmes qui les ont découverts. L'exercycle de M. Morasse est d'abord et avant tout conçu pour faire du vélo stationnaire, mais il s'avère à l'usage un très bon support pour faire des ajustements et remiser sa bicyclette. Le crochet pour pots de fleurs de Micheline Lévesque est rapidement devenu un "crochet multi-usages". Le testeur de continuité de courant électrique de M. Reinaldo Castillo-Valle s'est avéré, tout à fait par hasard, un bon moyen de détecter les fils électriques à l'intérieur des murs d'une maison. Le Partitio de M. Benoît Ouellet repose sur un procédé d'empilement inédit qui peut servir à "12 000 patentes" selon son inventeur. M. François Chartrand, l'inventeur de la "Règle Chartrand", un dispositif pour déterminer l'origine des impacts dans les accidents de la circulation, croit qu'elle pourrait également servir à évaluer des sites archéologiques. M. Chartrand dit avoir songé à cette nouvelle application en voyant à la télévision un archéologue installer des cordes sur trois axes pour évaluer un site.

Certains inventeurs ont toutefois bénéficié des remarques d'autres individus. Un détaillant d'équipements sportifs a enlevé la base rotative du range-skis de M. Gérald Bellerose, en a empilé quelques exemplaires les uns sur les autres et s'en est servi pour accrocher des épaulettes, des visières, des gants et des casques de hockey. M. Bellerose précise: "Le gérant m'a dit qu'il se cherchait quelque chose pour empiler ses produits et que je lui avais amené la solution sous le nez". M. Walter Nymark a trouvé de nouvelles applications pour son *Polar pad* en discutant avec des médecins de l'hôpital Royal Victoria qui lui ont fait remarquer que son appareil conçu pour soigner les blessures pourrait être utile pour la chirurgie arthroscopique. Un investisseur potentiel lui a également souligné le potentiel pour soigner l'arthrite, tandis que l'un de ses amis lui a fait réaliser que son produit pourrait également soulager certains maux de tête. M. Michel Nadeau relate comment on lui a suggéré une nouvelle application pour l'une des ses inventions.

En 1976, je sortais de chez Teccart... Mon beau-père faisait l'affichage dans les banques et les caisses populaires... Les caissières appelaient les clients

en leur faisant signe ou en allumant une petite lumière... Mon beau-père avait une idée en tête, mais il n'avait pas les compétences pour la développer... Moi, je sortais de l'électronique et il m'a demandé si je pouvais faire ça... J'ai fait le prototype du système que l'on voit aujourd'hui dans les Caisses populaires et je lui ai donné. Après tout, j'étais marié avec sa fille... Suite à ça, j'ai travaillé pour son entreprise d'affichage de signalisation... Il y a sept ans, je rencontre un copain qui sait que j'ai fait ce système-là et qui m'a demandé de faire un système similaire pour ses restaurants... Et je lui ai fait un système... que je lui ai vendu pour 6000\$... À partir de là, j'ai fait d'autres démarches et j'ai produit un système beaucoup plus sophistiqué pouvant rejoindre une plus grande clientèle... surtout les grandes surfaces avec cuisine fermée à l'arrière...

La réutilisation des contacts antérieurs

Nous avons vu comment la réutilisation d'expertises antérieures comprend celles de contacts d'affaires établis au moment du développement d'expertise antérieures. C'est ainsi que lorsque Daniel Paquette a eu l'idée de mettre au point un système auxiliaire de feux d'urgence pour feux de signalisation, son premier réflexe a été de contacter l'un de ses amis inventeurs spécialisés en électrotechnique et en mécanique (Paquette, 1995: 149). On trouve toutefois quelques cas où des inventeurs ont établi certains contacts d'affaires dans le passé, mais sans nécessairement les impliquer dans la fabrication d'un produit. Ces contacts ne sont évidemment jamais complètement perdus et il n'est pas rare que les inventeurs les réactivent une fois qu'ils identifient un problème à résoudre.

Michel Boisvert, entrepreneur général en construction, connaît bien les conditions difficiles des travailleurs de son métier. Il a observé à maintes reprises certains de ceux-ci se mettre des sacs de plastique sur les pieds dans des conditions de forte humidité. Il a donc songé à mettre au point des "surbas jetables en polyéthylène" qui seraient plus confortables, respireraient davantage et seraient plus absorbants. Il envisage des les produire en adaptant des machines pour fabriquer des couches qu'il a aperçues alors qu'il travaillait à la réfection de l'une des usines de Johnson et Johnson. L'inventeur Daniel Paquette a quant à lui utilisé les compétences d'employés travaillant dans une entreprise possédant une machine servant à fabriquer des haltères (le modèle composé de coquilles de plastique remplies de ciment) pour fabriquer les pesées de plastique servant à ancrer au sol les panneaux temporaires le long des autoroutes (Paquette, 1995: 121). Il avait remarqué cette machine lors de recherches antérieures pour se

trouver un fabricant pour ses petites gourdes de plastique, mais il n'en avait pas eu besoin à l'époque.¹⁰⁸

M. François Chartrand avait certains contacts dans l'industrie textile, car il avait déjà travaillé dans le domaine. Il est donc retourné visiter certaines usines lorsqu'il cherchait à mettre au point un vélo à deux roues motrices afin d'observer le fonctionnement de différents mécanismes de courroies, une démarche qui ne s'est finalement pas avérée fructueuse. Il a néanmoins mis au point son propre système et a aussitôt réalisé qu'il pourrait servir à faire tourner des rouleaux dans différents domaines. Il précise ainsi qu'il y a "beaucoup de gens qui pourraient utiliser une chaîne pour faire tourner différents rouleaux sans passer par une transmission ou un arbre... Cela fait plusieurs années que j'observe différentes façons d'utiliser une chaîne et je n'ai encore vu personne l'utiliser comme je l'ai fait". M. Chartrand songeait au moment de l'entretien à réactiver certains contacts pour leur suggérer d'adapter son nouveau procédé.

Sur les avantages d'être un amateur

Nous avons souligné dans le quatrième chapitre qu'être un amateur peut parfois être un avantage. M. Paul Boisvert, un entrepreneur général dans le domaine de la construction, a ainsi développé une approche radicale pour diminuer la consommation d'eau dans les cabinets d'aisance. Selon un rapport du laboratoire de la compagnie Crane, son cabinet modifié consomme 13 fois moins d'eau qu'une toilette ordinaire et économise 125 000 litres d'eau annuellement à une famille ordinaire. Après avoir consulté tous les fabricants québécois dans le domaine, M. Boisvert en est venu à la conclusion que son manque de familiarité avec les façons de faire traditionnelles a été un atout:

Quand on est un expert dans son métier, on l'a tellement dans la tête que l'on ne peut pas s'imaginer autre chose en dehors de ce que l'on a appris, tandis qu'inventer, c'est jamais dans l'apprentissage... De plus, lorsque tu as fait des études poussées dans un domaine, tu es sans doute moins porté à chercher des solutions ailleurs que ce dans quoi tu as étudié.

La réutilisation des expériences antérieures est certes une bonne chose, mais comme nous l'avons souligné à maintes reprises, il y a toujours une limite à ce que nos acquis

¹⁰⁸ L'inventeur se plaint toutefois de s'être fait voler son idée par des employés de l'entreprise. Voir Paquette (1995: 117-123).

nous permettent de faire. Un individu créatif doit dès lors trouver d'autres sources d'inspiration et d'autres personnes ressources utiles. Nous allons maintenant voir comment les inventeurs que nous avons rencontrés procèdent pour aller au-delà de leur savoir-faire accumulé.

6.4.2 Transfert analogique et innovation

Comme nous l'avons souligné au chapitre 3, le transfert analogique est l'un des principaux mécanismes par lesquels un individu créatif en situation de blocage trouvera de nouvelles façons d'aborder un problème. Le concept n'est toutefois pas facile à exprimer verbalement. Nous avons tout d'abord utilisé l'expression "Vous êtes-vous inspiré d'autres objets ou procédés de fabrication dans la mise au point de votre invention?" dans nos entretiens exploratoires. Nous avons par la suite jugé bon d'illustrer cette question à l'aide des figures 13 (chaîne de démontage) et 14 (presse à imprimer) de ce travail en relatant le contexte de la réutilisation de la chaîne de démontage et de la presse à vin à de nouvelles fins. Nous allons maintenant décrire quelques cas d'emprunts analogiques que nous avons relevés dans notre échantillon.

Transferts analogiques inspirés de la nature

La plupart des individus interrogés reconnaissent l'importance du transfert analogique. Nous avons toutefois eu beaucoup de difficulté à trouver des analogies tirées de l'observation du milieu naturel. M. Paul Boisvert croit néanmoins que l'observation de la nature est cruciale: "Toutes les inventions existent déjà dans la nature. Il y a tellement [de choses dans la nature] que l'on ne peut se l'imaginer... Si cela existe dans la nature, c'est réalisable par un être humain". M. Boisvert illustre son propos à l'aide du travail de l'un de ses parents éloignés.

J'ai l'un de mes petits neveux qui travaille pour Johnson et Johnson... Une année, il s'en va au Lac Saint-Jean en vacances... Il fouillait dans la mousse de tourbe... Il la trouvait très spéciale. Il en a ramené un paquet au laboratoire... Il a fait des expériences là-dessus. Il s'est aperçu que cela avait une capacité d'absorption qu'il n'avait jamais vu encore. La compagnie s'en est aperçue et on l'a laissé travailler là-dessus. Ils ont finalement sorti la serviette sanitaire ultra-mince... Ils s'en servent même dans les couches je crois.

Comme nous l'avons mentionné dans la section précédente, l'un des inventeurs que nous avons interrogé, M. Michel Boisvert (aucun lien de parenté), compte également utiliser ce matériel dans son bas isolant jetable, car il s'agit selon lui de la substance la

plus absorbante sur le marché. C'est toutefois le seul exemple de transfert analogique tiré de la nature que nous ayons relevé. Tous les autres sont tirés de l'observation d'activités humaines, ce qui nous laisse croire que la plupart des analogies utiles viennent désormais de l'observation d'objets et de procédés issus de la sphère économique. Il se pourrait toutefois que notre choix d'exemples, tous deux tirés de la sphère industrielle, ait influencé les réponses obtenues. Nous n'avons cependant réalisé le problème qu'une fois l'enquête complétée.

Transferts analogiques tirés de la sphère économique

Nous avons établi une assez longue nomenclature de transferts analogiques tirés de l'observation de la sphère économique. Certains inventeurs sont assez honnêtes pour admettre qu'ils copient ou "adaptent" à grande échelle. M. Michel Nadeau affirme que "[l'emprunt analogique] cela se fait à tous les jours... Que ce soit une partie seulement de ce que l'on voudrait avoir, on le voit dans un autre produit et on se dit: "Ah!, c'est une bonne idée!"... Et on la ramène. C'est régulier... Il ne sert à rien de vouloir inventer le bouton à quatre trous. Il faut prendre ce qui existe déjà". M. Jean Koch a également développé l'habitude d'observer toute sorte de choses pour les adapter dans un nouveau contexte: "Des fois j'ai des idées, mais je ne sais pas trop comment les réaliser... Quand je vois quelque chose, je me dis que c'est cela que ça me prendrait... Je vais copier ailleurs... Je ne refuse pas ce qui existe, je veux pas réinventer la roue. Ça va plus vite de même". Monsieur Jean Vityé, l'inventeur du "savonnier" emploie systématiquement la même démarche pour chercher de nouvelles solutions, mais sa principale source d'inspiration est tout-à-fait unique dans notre échantillon.

Je me promène dans les magasins où il y a des jouets et des choses comme ça... Je regarde tous les jouets. Lorsque j'ai besoin de trouver une façon de procéder... que ce soit n'importe quoi, je vais dans les jouets... Il y a tellement de jouets, tellement de choses et de formes différentes dans les jouets... J'ai acheté plusieurs dizaines de jouets que j'ai démontés pour voir les mécanismes et les pièces.... Toys "R" Us, Zellers, Wal-Mart, les magasins à 1\$. Ce sont de bonnes sources d'inspiration.

M. Jean-Marie Gervais soutient faire continuellement des emprunts analogiques et avoir mis au point un nouveau modèle de rideau de douche qui pourrait sans doute résoudre le problème du toit du stade olympique! M. Lionel Morasse dit s'inspirer beaucoup de l'observation d'autres machines, mais qu'il en tellement vu qu'il n'est plus toujours

certain de ce qui l'inspire. Il souligne toutefois l'influence de certaines composantes automobiles sur son exer-cycle.

Comme nous l'avons remarqué dans le troisième chapitre, on peut regrouper les emprunts analogiques selon qu'ils ont été inspirés de l'observation d'un objet ou d'une façon de faire. Les emprunts basés sur l'observation d'un objet sont évidemment plus nombreux dans notre échantillon, car la moitié des inventeurs n'en sont encore qu'à l'étape du prototype. M. Desrosiers s'est inspiré d'un mécanisme aratoire et de l'observation de l'inclinaison de la roue avant d'un vélo pour mettre au point un châssis permettant une torsion longitudinale sur un quadricycle. M. Gaétan Aimola a incorporé l'idée des manches de "lifts à palettes" à sa remorque à usages multiples. M. Gérard Labranche a conçu une machine à défibriller les copeaux de bois pour une usine de pâtes et papiers en se basant sur la vis de son moulin à viande. M. Claude Paquette s'est inspiré des robinets extérieurs à eau froide, dont la valve est désormais située au niveau de l'enveloppe d'un bâtiment afin de prévenir le gel, pour mettre au point son clapet coupe-froid pour sorties de sécheuses. L'ingénieur mécanique Claude Charbonneau décrit l'origine de certaines idées incluses dans son stabilisateur à échelle: "Je me suis rappelé les supports à tuyaux des convoyeurs aériens de minerai. Et j'ai pensé aux roues de sécurité des premières bicyclettes d'enfant. J'avais trouvé le principe... La patte est une patte de béquille". M. Reinaldo Castillo-Valle s'est inspiré d'une trappe à souris et de sa télécommande pour concevoir son testeur de continuité de courant électrique. La forme du vélo-frigo de M. Claude Lizé est fortement influencée par celle des casques de bicyclette. L'ébéniste Pierre Vaillancourt décrit l'élément déclencheur de la mise au point de son système d'avertissement de freinage pour vélos.

Je savais que l'on perd beaucoup d'énergie cinétique lors du freinage en vélo. Probablement par analogie, en travaillant sur mes freins, j'ai fait un rapport entre l'énergie qu'il serait possible de récupérer et une forme intelligente de la récupérer. C'est là que j'ai pensé que s'il y a des avertisseurs de freinage sur les automobiles, pourquoi n'y en aurait-il pas sur les vélos?

L'inventeur Daniel Paquette relate comment il s'est inspiré du "D" d'une enseigne de la chaîne d'alimentation "Dominion" pour mettre au point ses "Jog'O".

Quelques semaines après ma discussion avec [un fabricant de moules], je me trouve dans mon auto-patrouille quand la solution m'apparaît comme par enchantement. J'ai devant les yeux une enseigne lumineuse de la chaîne d'alimentation Dominion. L'énorme D prend soudainement des allures

d'apparition miraculeuse! Cette lettre géante ressemble à des haltères, mais à des haltères munis d'une anse qui les empêcherait de glisser de mes mains (Paquette, 1995: 50).

M. Paquette cherchera ensuite un bouchon qui ne se dévisse pas, du moins pour boire, et qui ne laisse pas couler l'eau non plus. Il visitera plusieurs distributeurs, mais c'est en faisant son épicerie qu'il trouve la solution au rayon des savons à vaisselle. Il résoudra plus tard le problème de ses supports à bicyclettes dont les premiers prototypes ne parviennent pas à maintenir les vélos en place. Après quelques jours de réflexion, il décide de coincer sa bicyclette entre l'aile et la roue de son camion et constate que cette section de son véhicule forme une pointe de flèche qui emprisonne le haut du pneu des bicyclettes. Il résout dès lors son problème en ajoutant à son prototype une fente en forme de flèche dans sa partie supérieure (Paquette, 1995: 132-4).

Certains inventeurs se sont également inspirés des actions d'autres individus. Madame Diane Beauregard a adapté la façon de travailler de l'un de ses amis, un chef cuisinier de la région de Saint-Sauveur, dans son atelier de couture. Elle souligne qu'il est "méthodique... Il opère. Il va vite. Il est fonctionnel... Tout est relié... Quand je place mon stock maintenant, j'opère comme lui opère dans sa cuisine... Je sais que c'est niaiseux, mais ça m'aide beaucoup". M. Roger Roby s'est quant à lui inspiré de sa lecture de la biographie du fondateur de MacDonald's, Ray Kroc, pour s'adjoindre les services de fournisseurs sans engager de sommes trop importantes. Madame Pauline Brisebois a trouvé une façon de mettre au point sa housse de matelas CO-SY en observant un garagiste "changer un bout de fil" dans son véhicule.

Certains inventeurs, tels Régis Bélanger, Gérard Bellerose et Mario Daigle disent toutefois ne pas s'inspirer d'autres machines. Il s'agit même d'une stratégie délibérée dans le cas de M. Bellerose qui craint comme la peste de se faire amener un brevet en opposition à ses inventions: "Regarder autre chose, essayer de copier ou changer autre chose... Pour moi, c'est un obstacle... Les autres qui m'ont amené des brevets en opposition, si je les avais vu, cela m'aurait dérangé pour faire mon invention. J'aurais cliqué sur quelque chose qui leur appartient et qui m'aurait empêché de cliquer sur mon invention". On constate donc que dans son cas, la crainte de reproduire une portion d'un dispositif déjà sur le marché ou breveté est un problème majeur. Il s'agit toutefois du seul cas de ce genre sur les 45 individus interrogés.

Tel que prévu, le transfert analogique occupe une place importante dans la façon de travailler des individus que nous avons rencontrés. Nous devons toutefois admettre que nous espérons trouver davantage d'exemples tirés directement de l'observation de principes industriels, mais que, comme nous l'avons souligné, notre échantillon d'inventeurs autonomes comporte sans doute certains biais contre cette pratique. Il nous semble toutefois probable que l'on observerait nombre d'analogies tirées de l'observation de jouets ou de menus objets dans un échantillon composé uniquement de travailleurs industriels, chose que nous n'aurions pas cru avant d'entreprendre notre enquête. On doit également garder à l'esprit une observation de M. Jean Vityé selon qui certains inventeurs sont gênés d'admettre qu'ils ont copié un principe, car cela diminuerait selon eux le mérite de leur invention dans l'opinion d'autres individus.

La réutilisation des expertises antérieures et le transfert analogique suffisent parfois à mettre au point une invention, mais ils ne constituent habituellement que le point de départ ou une étape d'un processus beaucoup plus long. L'individu créatif doit alors entreprendre un long labeur afin de se trouver des matériaux appropriés et des personnes ressources utiles. Or comme nous nous y attendions, la quasi-totalité des fournisseurs et des contacts utiles pour les inventeurs de notre échantillon sont situés dans le sud du Québec, à un point tel en fait que nous n'avons pas jugé bon de compiler de statistiques sur le sujet. Nous allons maintenant aborder le contexte plus large de l'innovation en la resituant dans le contexte de la région d'appartenance.

6.5 Combinaison de techniques et diversité économique locale

Nous avons vu dans le cinquième chapitre les avantages que la proximité géographique et la présence dans un milieu particulier peuvent procurer à certains individus. Au risque de simplifier, nous les avons regroupé sous deux enseignes: les économies d'agglomérations et les avantages du contact face-à-face. S'il n'est pas plus difficile d'identifier les avantages d'un milieu local diversifié que ceux d'un district industriel, il est toutefois beaucoup moins aisé de déterminer leur impact précis sur un individu. Silicon Valley, Wall Street ou le district montréalais de la fourrure fournissent certains avantages faciles à identifier, notamment au niveau de la concentration d'intrants spécifiques (matériaux et main-d'oeuvre spécialisés), de sous-traitants et de distributeurs. Un fabricant de manteaux de fourrure a des avantages évidents à être localisé à Montréal, tandis qu'un chercheur dans l'industrie bio-médicale considère sans doute que les opportunités offertes par Baltimore sont plus intéressantes. Les

avantages d'une ville diversifiée sont selon nous aussi importants, mais déterminer leur impact précis dans chaque cas est beaucoup moins évident. En quoi par exemple la diversité montréalaise joue-t-elle un rôle différent de celle de la métropole du Maryland? Il va de soi qu'un individu ayant passé toute sa vie dans la région de Montréal a pu bénéficier de diverses opportunités d'apprentissage et d'emplois. Ses choix étaient cependant limités aux opportunités offertes dans la région métropolitaine, tout comme l'aurait été ceux d'un individu ayant passé toute sa vie active à Baltimore. On peut donc dire en ce sens que la diversité locale laisse sa marque sur l'individu. Beaucoup d'individus, particulièrement aux États-Unis, ne demeurent toutefois pas dans la même région géographique toute leur vie active. De plus, la plupart des inventions que nous avons examinées plus en détail auraient pu être menées à terme dans la plupart des grandes villes d'Amérique, car elles ne requièrent pas d'intrants hors du commun. Il est donc plus que probable que des villes beaucoup plus diversifiées que Montréal, comme par exemple New York, Toronto, Chicago et Los Angeles auraient pu faciliter encore davantage la tâche de certains inventeurs. Certains individus interrogés ne se gênent d'ailleurs pas pour dire que les choses auraient sans doute été plus faciles pour eux ailleurs qu'au Québec. M. Ricardo Castillo-Valle a ainsi vécu plusieurs années au Texas et considère que les Québécois sont "bien gentils, mais beaucoup moins *business* que les Américains" et que son invention serait sans doute déjà sur le marché s'il était demeuré là-bas. Sa nouvelle conjointe est toutefois québécoise... Messieurs Beaulieu et Dalpé croient qu'ils leur auraient été plus faciles de commercialiser leur nouveau type de porte de garage au sud de la frontière, car c'est là que sont localisés les principaux fabricants et distributeurs. Aucun des deux n'est toutefois bilingue. M. Denis Morrissette croit qu'être localisé à Toronto serait un grand avantage, "car c'est là que les choses se décident". Ses racines sont toutefois à Montréal "pour le plus grand malheur de [son] portefeuille". Ces inventeurs et quelques autres ayant tenu des propos similaires ont toutefois malgré tout mis au point des prototypes fonctionnels, peut-être en partie parce que certains fabricants et conseillers montréalais ont été particulièrement ouverts d'esprit. Nous en concluons que bien que la diversité locale soit importante, la créativité et la détermination d'un individu le sont sans doute encore plus au-delà d'un certain seuil de volume d'activités.

Nous comptons donc pour le reste de cette section illustrer comment les inventeurs interagissent avec d'autres acteurs de leur milieu géographique d'appartenance pour mettre au point, fabriquer et distribuer un nouveau produit. Pour ce faire, nous

regrouperons nos observations en deux sections: 1) les économies d'agglomération; 2) l'importance de l'interaction face-à-face. Nous examinerons tout d'abord les économies d'agglomération en voyant comment les inventeurs dénichent leurs fournisseurs, leurs personnes ressources, leurs fabricants et leurs distributeurs. Parce que la question des économies d'agglomération a été abordée à maintes reprises dans la littérature et que le sujet est déjà bien documenté, nous nous contenterons de décrire brièvement certains processus somme toute évidents. Nous aborderons ensuite les perceptions subjectives qu'ont les inventeurs sur les avantages et les inconvénients d'une localisation en région métropolitaine ou autre. Comme nous l'avons déjà mentionné, nous comptions à l'origine mener un certain nombre d'entrevues en régions périphériques, mais cette tentative a échoué. Notre échantillon compte toutefois un assez grand nombre d'inventeurs ayant vécu en région périphérique et en milieu urbain. Ces derniers sont donc en mesure d'établir une comparaison pertinente entre les deux types de milieux. Nous aborderons finalement la question l'interaction face-à-face entre un inventeur et ses fournisseurs et fabricants. La littérature géographique laisse évidemment entendre que cette interaction est importante pour des domaines de pointe. Nous tenterons toutefois de démontrer qu'elle l'est tout autant pour des techniques d'apparence moins sophistiquées.

6.5.1 Économies d'agglomération et combinaison de ressources

Localisation et composantes de l'invention

Tel que nous l'anticipions, la très grande majorité des inventeurs autonomes font surtout affaire avec des entreprises du sud du Québec, principalement pour des raisons de disponibilité, d'accessibilité et de proximité culturelle.¹⁰⁹ Parce qu'il est beaucoup plus commode pour un inventeur de transiger avec des entreprises sises à proximité de son domicile, presque tous les cas de combinaison de matériaux et de savoir-faire que nous avons décrits dans la section précédente ont été le résultat d'observations, de collaborations et de mouvements de main-d'oeuvre dans la vallée du Saint-Laurent. M. Gérard Labranche remarque ainsi que l'avantage d'être à Rosemère plutôt qu'à Rimouski, "c'est qu'on est plus près de la grosse ville où il y a plus de problèmes et plus de possibilités de trouver quelque chose. L'avantage d'être près de Ville Saint-Laurent (banlieue ouest de Montréal), où l'on trouve de tout". Presque tous ses fournisseurs

¹⁰⁹ Tel que nous l'avons mentionné précédemment, nombre d'inventeurs ne parlent pas anglais et la majorité n'a jamais vécu hors du Québec.

(manufacturiers et distributeurs) sont dans la région de Montréal et lorsqu'ils ne le sont pas, l'inventeur est effectivement pris avec un "gros problème", car la plupart des entreprises qu'il ne peut pas rencontrer directement ne sont tout simplement pas intéressées à transiger avec un individu ne commandant que de petites quantités.

S'il est entendu qu'en raison de son volume d'activités la région métropolitaine de recensement est là où le gros de l'action se déroule, il n'est pas rare qu'un inventeur de Valleyfield collabore avec un fabricant de Bromont ou qu'un Montréalais fasse de même avec une entreprise de Magog. On peut ainsi prendre le cas de M. Mario de Montigny, originaire et résidant toujours au Cap-de-la-Madeleine, pour illustrer certaines récurrences. Ce gérant de chantier de construction met au point au milieu des années 1980 un applicateur variable pour scellant. Il ne s'agit à l'origine que d'un morceau de tuyau aplati que l'on met au bout d'un applicateur. Il modifie son invention au moyen de divers prototypes faits à partir de plastique pour automobile, de fibre de verre, etc. Il songe d'abord à vendre son idée, mais devant la réaction enthousiaste du public, il décide de s'impliquer dans la production. Après quelques démarches, il s'associe finalement à un manufacturier de Saint-Hubert (banlieue sud de Montréal) pour la fabrication et à un entrepreneur de Drummondville pour l'emballage. Il ne connaissait aucun de ces futurs associés avant de se lancer en affaires et n'a bénéficié d'aucun contact particulier pour les rencontrer, les pages jaunes ayant fait l'affaire. Sa maison était toutefois en vente au moment de notre entretien, car il tentait de se rapprocher de son principal partenaire à Drummondville. M. Gérald Bellerose de Nicolet contacte d'abord des entreprises de composantes de meubles de sa région qu'il connaît afin de se faire aider à mettre au point son range-skis. Il aboutit toutefois, à la suggestion d'un manufacturier local, à Saint-Marc-des-Carières dans la région de Québec. Il y rencontre "un type à l'esprit très ouvert" qui a beaucoup de facilité à simplifier les processus de fabrication et qui dispose également d'un équipement sophistiqué.

La plupart des inventeurs que nous avons interrogés font beaucoup de sacrifices pour mener à bien leur projet et les déplacements fréquents sur des distances substantielles sont monnaie courante. Comme nous l'avons souligné dans le cinquième chapitre, l'importance d'une agglomération urbaine diversifiée ne devient ordinairement cruciale que suite à une série de petits effets cumulatifs. Il n'est pas rare que la distance ait eu raison de la résolution de certains inventeurs ou les ait forcés à se rapprocher de la métropole. L'importance des économies d'agglomération est bien connues et il n'y a

pas grand chose que nous puissions y ajouter à partir de nos entretiens. On peut toutefois rendre le concept un peu plus concret à l'aide d'une invention aussi banale en apparence qu'une petite gourde plate, un produit requérant minimalement la collaboration d'un designer industriel, d'un mouliste, d'un fabricant de produits de plastique, d'un fabricant de cordes, d'un fabricant de bouchons, d'un fabricant de sacs de plastique, d'un atelier pour assembler le tout, d'un sérigraphiste, d'un vendeur et d'un distributeur (Paquette, 1995: 89).¹¹⁰ Il s'agit évidemment dans chacun de ces cas d'entreprises ayant des clients dans une foule de domaines différents. Un inventeur/entrepreneur créatif profite grandement de cette "diversité concentrée", mais le chiffre d'affaires qu'il procure à chacune de ces entreprises est assez marginal. La présence de plusieurs entreprises concentrées géographiquement permet toutefois à toutes ces entreprises d'être profitables. Un produit un peu plus complexe requiert des fournisseurs plus sophistiqués, mais le processus demeure le même. L'inventeur et ses associés dans le projet du système pour feux de circulation SA-28 ont ainsi fait appel dans une phase préliminaire de leur projet aux services des entreprises suivantes: SNEMO Ltée (montage; Brossard), Techno-Design Laval Enr. (design; Laval); Cavina Électronique Enr. (circuit intégré, Montréal), Fabrication D.E.C. Inc. (normalisation, Valleyfield), Langlois Robert Inc. (conseiller, Montréal) et Signel Services Inc. (Tests, Saint-Lazare).¹¹¹ Il va de soi qu'un milieu où tous ces services sont disponibles facilite grandement la tâche d'un inventeur qui les combine pour créer une nouveauté.

On peut également illustrer un peu plus en détail les processus par lesquels les inventeurs repèrent et sélectionnent leurs produits et les expertises leur étant utiles. Nous n'insisterons encore une fois pas beaucoup sur ces processus, car ils sont banals pour quiconque a oeuvré ou connaît un peu le monde des affaires et de l'invention. Comme on peut s'y attendre, la très grande majorité des inventeurs a recours à différents commerces de détail pour se procurer les composantes servant à mettre au point leur première ébauche de prototype. M. Paul Boisvert travaillait ainsi depuis plusieurs années à la mise au point de sa toilette modifiée et avait au fil du temps noué des liens d'amitiés avec divers vendeurs et fournisseurs. Il raconte comment l'un de ses principaux contacts a trouvé une réponse à l'un des ses problèmes.

¹¹⁰ Il est toutefois entendu que plusieurs entreprises sont des distributeurs et non des fabricants.

¹¹¹ Tiré de l'esquisse d'un plan d'affaires publié en 1994.

Quand j'ai commencé à travailler sur l'économie d'eau, je savais que ça prenait un système à propulsion, qu'un système d'inondation par siphonnage ne pouvait pas marcher, car ça prenait trop d'eau. Je voulais donc une espèce de contenant sous pression... La pression de la ville aurait été là-dedans pour prendre de l'expansion... J'ai parlé de cela avec quelqu'un qui travaille chez L'Espérance. On s'est assis tous les deux. Il a dit: "Paul, je l'ai. J'ai des petits réservoirs ici, viens voir ça". J'ai été voir... et c'était en plein ce qu'il me fallait.

Il y a toutefois une limite, atteinte règle générale assez rapidement, à ce que l'on peut trouver dans les magasins grands publics. La plupart des inventeurs ont donc rapidement recours aux pages jaunes et aux divers catalogues spécialisés contenant la liste des entreprises manufacturières québécoises. Ce genre de démarche est généralement suffisant pour trouver des produits peu complexes et pour s'assurer de ne pas voir son approvisionnement coupé court. Madame Diane Beauregard, la conceptrice de "La Nanny", souligne ainsi: "J'ai mon fournisseur attiré pour les étiquettes... J'en ai d'autres au cas où il y aurait des problèmes. C'est sûr que j'ai listé plus d'un fournisseur par étiquettes, pour les textiles et pour les autres choses pour ne pas être prise au dépourvu. Dans une grosse production, t'as pas le temps de niaiser". Les pages jaunes et les catalogues spécialisés sont toutefois limités pour trouver des produits complexes ou peu communs. M. François Chartrand a eu besoin de deux ans pour se trouver un sous-traitant pouvant lui fabriquer une composante électronique selon ses spécifications. Le problème s'est finalement avéré être que le nom de la compagnie ne correspondait pas du tout à sa production. Madame Pauline Brisebois a vécu une situation similaire alors qu'elle se cherchait du fil de cuivre pour mettre au point sa housse de matelas CO-SY.

Pauline Brisebois: "Là t'arrives, tu as besoin de fils de cuivre... J'ai pris les pages jaunes "Copper" et je les ai tous appelés... Personne ne vendait ce que je voulais..."

Enquêteur: "On parle bien sûr de la grande région de Montréal..."

Pauline Brisebois: "Non, non. Toronto, New York, toutes les pages jaunes... Je viens d'Abitibi, donc j'ai appelé les mines... mais ces compagnies ne savent pas ce que le produit devient ensuite... Un moment donné, je passe sur la route et je vois "Réparation de moteurs de piscine". Flash! Je me souviens qu'en faisant réparer mon moteur de piscine, il y a du fil de cuivre comme je cherche là-dedans... J'ai appelé [le détaillant] et je lui ai demandé où il achète son fil... Il m'a donné l'adresse de son fournisseur... Je suis allé le voir."

Enquêteur: "Où était-il?"

Pauline Brisebois: "À Laval..."

Enquêteur: "Il n'est pas dans les pages jaunes? Vend-t-il seulement du fil de cuivre ou autre chose?"

Pauline Brisebois: "Il ne vend que du cuivre... Il s'appelle "TYNE". Il est le fournisseur de tout le fil de cuivre dans la région de Montréal... pour toutes les compagnies".

Enquêteur: "Personne ne le connaissait dans les entreprises que vous aviez contactées?"

Pauline Brisebois: "Non... Et comme il ne porte pas le nom de cuivre, c'était bien difficile de le trouver".

L'entretien direct auprès de divers fabricants et spécialistes est donc un autre bon moyen de se procurer des composantes particulières. M. Paul Boisvert a bénéficié des conseils d'un fabricant de toilettes de marbre de Saint-Édouard de Napierville, M. Gaétan Duchesne, qui lui a suggéré une solution pour mettre au point son système de ventilation à déclenchement automatique: "Il m'a dit: "Paul, il se vend des petits boutons contacts chez Edison. Cela devrait faire l'affaire"". Et cette solution s'avéra effectivement adéquate. On relève encore une fois que ni les réservoirs et les boutons contacts n'avaient été développés pour l'utilisation que M. Boisvert en a faite. Ce n'est donc qu'après l'action de l'inventeur que ces composantes ont trouvé une nouvelle application qui n'avait sans doute pas été envisagé par le concepteur initial. Nombre d'inventeurs trouvent également des pièces et des machines dans toute sorte de contextes. Gaétan Aimola a ainsi mis la main sur des roues convenables pour sa remorque à usages multiples chez un vendeur de remorques pour bicyclettes. M. Camil Lévesque est un habitué des encans et des cours à ferraille de toutes sortes où il se procure différentes choses qu'ils accumulent et réutilisent souvent plus tard dans un nouveau contexte, comme par exemple une série de petits moteurs désuets dans leur domaine d'origine, mais idéaux pour sa machinerie servant à fabriquer des cadres de fenêtres, car ils ne brûlent pas lorsque la machinerie coince.

Comme on pouvait s'y attendre, la plupart des inventeurs de notre échantillon repèrent donc leur fournisseurs à l'aide de contacts antérieurs, des pages jaunes, de catalogues spécialisés et des suggestions d'autres individus. Richard Jacques, le concepteur du

Trio-Net, un panier à linge sale amélioré fait de bois et de coton, donne ainsi la liste des fournisseurs trouvés de ces façons.

J'achète le bois dans l'Outaouais parce que j'ai un de mes chums qui travaille dans une scierie. Il me fait un bon prix. Il me le coupe de la bonne grandeur... Je fais faire la finition à Blainville... Les sacs, j'achète le tissu en ville [je l'ai trouvé dans les pages jaunes]. Je les fais faire à Lasalle et sur Chabanel, mais on m'a recommandé un nouveau fournisseur qui me semble plus adapté à mes besoins. Il est à Longueuil. J'ai un vendeur, l'emballeur... Ils sont tous à Montréal.

Un milieu diversifié facilite donc grandement l'approvisionnement d'un individu combinant des choses différentes. S'il est évidemment possible pour un individu en milieu rural de se procurer la plupart des articles que nous venons de mentionner, le temps, l'énergie et les dépenses encourues seront souvent suffisamment importants pour faire échouer son entreprise ou le forcer à se relocaliser. Nous illustrerons le phénomène à partir des commentaires de certains inventeurs sur l'importance de la localisation en zone métropolitaine.

Des avantages d'une localisation métropolitaine

Le principal avantage d'une grande ville diversifiée est, du moins selon la plupart des inventeurs interrogés, qu'elle fournit une variété d'investisseurs, de fournisseurs, de fabricants et de partenaires potentiels. Si un fabricant de moules pour le plastique s'avère réticent à répondre aux exigences d'un inventeur, ce dernier peut aller voir l'un de ses concurrents. Si un investisseur se désiste, on peut en trouver un autre. Si un technicien prend des vacances prolongées ou ne croit plus à un projet, son remplacement est toujours possible. Une agglomération importante et diversifiée facilite également l'embauche de personnel à temps partiel dans une foule de domaines, ce qui est souvent crucial pour des entreprises nouvelles et peu capitalisées. Parce que ces caractéristiques des métropoles sont bien connues, nous nous contenterons encore une fois de fournir quelques illustrations. M. Michel Nadeau, inventeur notamment du "Service Plus", un système électronique de gestion des commandes dans les restaurants, a ainsi une dizaine de sous-traitants dans la grande région de Montréal¹¹² qui lui donnent une grande flexibilité et la "possibilité de prendre des vacances" tout en répondant à la demande de grandes entreprises américaines. M. Nadeau se limite donc

¹¹² Notamment à Longueuil (6), Saint-Basile, Brossard et Laval. On note que M. Nadeau est originaire et réside toujours à Longueuil.

au développement de circuits électroniques avec l'aide de programmeurs, d'ingénieurs et de concepteurs, tout en s'assurant de faire l'assemblage final. Il souligne qu'aucun sous-traitant ne connaît le produit final dont il produit l'une des composantes: "Même celui qui fait mes claviers... c'est certain que je lui donne toujours un "hint", une information, mais il ne connaît pas les pièces qui vont à l'intérieur pour compléter son produit et faire un produit final". Il rencontre ses sous-traitants le plus souvent dans les différentes expositions et foires commerciales de la métropole. Il précise sa démarche à l'aide d'une autre de ses inventions, le "Jardin d'eau":

La semaine [suivant notre entretien], je vais être au Salon des designers à la Place Bonaventure... Tous les acheteurs et les décideurs seront là pour voir ce qui se fait de nouveau en décoration intérieure... Je vais être là avec mes Jardins d'eau... Ils invitent leurs clients aussi... Je rencontre mon monde comme cela.

Ce dernier exemple est également typique dans la mesure où il fait bien ressortir l'importance des différents salons et foires commerciales tenus à Montréal comme sources d'information et de contacts utiles pour les inventeurs autonomes. Certains inventeurs, tel Roger Roby, fréquente à peu près tous les salons sur les outils, la machinerie, les techniques d'entreposage, les loisirs, etc. Madame Pauline Brisebois a participé à une trentaine de salons après avoir mis son CO-SY au point. Madame Diane Beauregard a lancé sa "Nanny" au Salon de l'habitation et au Salon Maternité-Paternité, tous deux tenu à Montréal. Sa présence au Salon de l'habitation lui a valu une invitation des organisateurs du Salon Commerce et loisirs de Roberval qu'elle s'est empressée d'accepter pour obtenir un autre son de cloche sur son produit. M. Paul Boisvert suit également de très près toutes les expositions tenues dans la région montréalaise. La plus importante dans son cas est ordinairement le Mécaneexpo ayant lieu tous les ans à la Place Bonaventure, où il collige beaucoup d'information sur toute sorte de choses, allant de la forme aux nouveaux mécanismes des toilettes.

Une autre illustration de la flexibilité d'une production en milieu métropolitain nous est donné par Daniel Paquette qui, confronté à un échéancier impossible pour assembler 400 000 Gourd'O, recrute de la main-d'oeuvre peu qualifiée quatre jours avant la date prévue de livraison de son produit.

Le samedi matin, en compagnie de mes neveux, je me dirige vers l'entrepôt.
À mi-chemin, mon neveu Dominique salue de la main un groupe de scouts

occupés à laver des voitures. Il me faut quelques secondes pour réaliser que ces jeunes pourraient peut-être m'aider. Je fais demi-tour et descends voir le chef de la troupe. Lui, il a de la main-d'oeuvre et il cherche de l'argent, et moi j'ai de l'argent et je cherche de la main-d'oeuvre. En quelques minutes nous nous mettons d'accord. Le soir même, l'entrepôt grouille de jeunes en uniforme et de tous les autres que j'ai pu recruter durant la journée... La partie est cependant loin d'être gagnée, car le lundi matin les guides et les scouts auront disparu et je me retrouverai de nouveau sans main-d'oeuvre...

C'est alors que mon associé, à peine descendu d'avion, se présente à l'entrepôt, pressé de savoir où en est la production. Aussitôt informé de l'urgence de la situation, il donne un coup de téléphone à une de ses amies qui réunit immédiatement une quarantaine de bénévoles du quartier Hochelaga. Ces bénévoles, regroupés dans le sous-sol d'une église, sont tellement efficaces qu'on arrive à peine à les fournir (Paquette, 1995: 99-101).

La flexibilité que procure une métropole diversifiée à des inventeurs et de petites entreprises est donc évidente. Jauger de l'impact d'une localisation dans une grande ville diversifiée par rapport à une petite ville ou à une région périphérique n'est pas trop difficile. Il est entendu que notre échantillon peut sembler problématique pour évaluer cette question, dans la mesure du moins où nous n'avons pu concrétiser l'un de nos objectifs initiaux qui était de rencontrer des inventeurs oeuvrant en région périphérique. La chose ne s'est finalement pas avéré trop hasardeuse, dans la mesure du moins où plusieurs inventeurs que nous avons interrogés ont vécu à la fois à Montréal et en région périphérique. Ils sont donc en mesure de juger si la présence en région métropolitaine est un atout important ou non, car le contexte géo-économique québécois ramène l'opposition ville diversifiée - ville/région peu diversifiée à une opposition entre la (très) grande région de Montréal et le reste de la province. Ces individus sont donc mieux en mesure d'éclairer notre questionnement que d'autres qui n'auraient jamais vécu qu'à Montréal ou en régions périphériques. La mobilité géographique de certains inventeurs nous rappelle également que l'on ne peut envisager "Montréal" et "l'Abitibi" comme deux "milieux" totalement indépendants l'un de l'autre, mais bien plutôt comme deux carrefours de l'activité économique offrant des possibilités bien différentes aux individus qui y sont localisés ou qui s'y relocalisent.

Les inventeurs ayant eu l'occasion de comparer la vie à Montréal et en régions périphériques ou dans de petites villes considèrent unanimentement que les avantages d'une localisation métropolitaine offrant une foule de services et de produits différents

sont considérables. M. Marcel Larouche, un inventeur ayant roulé sa bosse un peu partout au Québec en plus d'avoir passé six années à Toronto, raconte ainsi pourquoi il a quitté la région trifluvienne.

Au départ j'étais à Trois-Rivières, pis Trois-Rivières c'est une ville morte... Alors je suis parti de là pour aller à Mirabel, pour me rapprocher de Montréal... parce que les centres nerveux, d'affaires, le potentiel d'investisseurs ou le potentiel de développement de quelque chose est plus concentré à Montréal... ou dans une grande ville... Si t'es dans une petite ville, comme à Percé, j'aurais pas réussi...

Jean Koch, un montréalais d'origine ayant vécu un séjour misérable à Drummondville au début des années 1960, abonde dans le même sens:

C'est certain qu'en étant à Montréal on est plus dans le monde civilisé... T'as besoin d'aller dans une bibliothèque faire de la recherche... Il y a plus de "knowledgeable people" autour de toi dans une grande ville que dans un petit patelin, alors tu peux... Ce que j'adore faire, c'est "pick someone else's brain"... Poser beaucoup de questions pour aller chercher l'expertise d'un autre... Je trouve que c'est très rapide comme méthode d'apprentissage... T'as pas ça dans une petite ville.

L'ingénieur François Charbonneau, un autre natif de Montréal ayant travaillé quelques années en région périphérique, pose un jugement similaire:

J'ai vécu à Rouyn-Noranda, mais je suis revenu à Montréal... C'est un plus grande centre urbain... C'est plus facile de faire du développement... Là-bas, en région, tu veux trouver quelque chose de bien spécialisé, tu es obligé de faire 250 miles pour la ville voisine... pour régler ton problème. Au niveau inventeur, être dans un grand centre urbain, c'est un gros avantage. Tu es près de tout, des expositions. Tu es proche d'une population qui peut acheter ton produit... Tu es pas obligé de payer des distances pour le vendre... Fournisseurs, sous-traitants, clients, tout... Le monde a de l'argent aussi.

Fernand Degagné, un spécialiste en chauffage ayant vécu à Montréal, Sudbury, Rouyn-Noranda, Trois-Rivières et Québec, a décidé de prendre sa retraite à Pointe-Calumet pour être prêt de Montréal. Il précise: "Si j'ai besoin de quoi, je vais le chercher, je n'ai pas à attendre, j'ai pas à utiliser le courrier... C'est très important. Si j'étais un cultivateur, ce serait évidemment différent..." M. Paul Boisvert a passé les trois premières décennies de sa vie adulte en Abitibi avant de revenir à Montréal, pour mettre au point son cabinet d'aisance amélioré. Selon lui, sa présence dans la métropole a été cruciale, car il y est beaucoup plus facile d'y trouver les matériaux dont on a besoin et d'assister aux diverses expositions. Michel Boisvert, originaire de Louiseville et

concepteur du surbas jetable, partage le même avis: "Le gros avantage [de Montréal], c'est les possibilités... Plus qu'il y a du monde, plus que t'as de quoi aussi. Plus que t'as de *business*, de compagnies... Les avions qui arrivent à Dorval... T'as besoin de quelque chose de n'importe où et tu l'as plus rapidement". Harmel Guérin, le concepteur d'un essuie-glace amélioré, est originaire du Saguenay. Il a également vécu 5 ans en Abitibi et 8 ans à Chibougamau où il était "mécanicien dans les mines". Il vit toutefois à Montréal depuis de nombreuses années.

Les avantages que l'on a [à Montréal]... On est près de tout pour les informations et puis, advenant que l'on veuille faire de la fabrication, c'est encore plus avantageux d'être à Montréal qu'en dehors. Si tu dois aller en Ontario, c'est beaucoup plus facile d'aller à Toronto à partir de Montréal... Les manufacturiers, 80% sont à Toronto... Et on est proche des États-Unis. On est proche de tout à partir de Montréal... Imagine toi si tu es en Gaspésie et qu'il faut que tu viennes à Montréal chercher tes informations, c'est vraiment pas avantageux.

Julien Beaulieu et Guy Dalpé, les inventeurs de Conception Progatec, joignent leurs voix au chorus.

À Montréal, tu as beaucoup plus de monde, beaucoup plus de choix. Quand tu veux sortir un nouveau produit, il faut vraiment être à Montréal... Pour lancer un produit, Montréal c'est vraiment la place au Québec, tu as beaucoup de sortes de techniques, de conseils... Remarque qu'aux États-Unis, ça aurait peut-être été encore plus rapide!

M. Noël Doyle est un inventeur originaire du Lac Saint-Jean. Il a été basé à Alma pendant plusieurs années en tant qu'inventeur à temps plein et a même été président de l'Association des inventeurs de la région 03 (Saguenay / Lac Saint-Jean). Il a toutefois déménagé ses pénates à Laval il y a quelques années, car son projet n'avancait plus dans sa ville d'origine.

Laval, c'est plus près des marchés. Alma, c'est loin des grands centres... Ça prenait tellement de sous opérer à partir de là-bas... C'est beaucoup plus difficile de se partir en affaires en région éloignée... Le financement... C'est beaucoup plus facile d'obtenir du financement dans les grands centres. Tu as beau avoir tous les diplômes que tu veux, sans financement, tu vas pas loin... Nous, dans notre cas... C'est un projet de 4 millions et quelques... Dans une petite ville de 26 000 de population sans trop d'industries, se trouver du capital de risque de cette ampleur là, oublie-ça... J'ai finalement décidé de partir du Lac avec mon frère. On est arrivé à Laval... En-dedans de 5 mois, on a levé 1 200 000\$ en financement.

On peut finalement illustrer les avantages de la localisation métropolitaine en examinant le cas de M. Régis Bélanger, un inventeur ayant toujours vécu dans le nord de la Beauce. Or malgré tout ce que l'on peut lire sur le dynamisme de cette région, M. Bélanger n'avait pas d'autres choix que d'effectuer continuellement la navette entre son village et la région métropolitaine pour faire avancer son projet "d'aileron déclencheur de lave-glace". Le cas de M. Bélanger nous a d'abord été soumis par l'un de ses bons amis, M. Claude Lizé de Saint-Luc (Richelieu).

Je peux te donner une preuve qu'être à Montréal est un avantage. Je connais quelqu'un en Beauce qui a une super bonne idée qui va sur les autos. Il n'a pratiquement jamais été capable de venir aux réunions [du Monde des inventions québécoises] parce que c'est trop loin. C'est au-dessus de deux heures de route... C'est moi qui étais obligé de lui passer les informations... Quand j'allais aux réunions, je lui téléphonais pour lui dire que l'on avait parlé de telle affaire, pour lui dire que s'il avait été là... Je me suis fait des contacts. J'ai appris beaucoup de choses... Des choses qui vont me servir pour mes autres idées... Partir autre chose va être tellement plus facile maintenant... mais lui, il n'avance pas.

Or dans les faits, M. Régis Bélanger avait trop souvent effectué la navette entre Saint-Isidore de Beauce et Montréal au cours des deux années précédentes pour pouvoir en tenir le compte. M. Bélanger s'est éventuellement fatigué de voyager et a cherché, sans succès, quelqu'un qui pourrait le représenter à Montréal. Il observe donc laconiquement qu'être prêt de Montréal serait un gros avantage, car "quand on veut faire des affaires, il faut aller à Montréal. Quand on se fait f..., c'est là itout".

Sur les possibilités de développement hors de la zone métropolitaine

On peut évidemment se demander à la lumière de nos entretiens quelles sont les véritables possibilités de développement de produits novateurs hors de la région métropolitaine. Bien que les perspectives ne soient pas très reluisantes, un constat s'impose: la localisation n'importe pas tant pour avoir des idées que pour les concrétiser et les mettre en marché. M. Edouard Desrosiers est originaire de Hearst, dans le nord de l'Ontario. Il a vécu quelques années à Montréal avant de se porter acquéreur d'un garage à Lanoraie. Selon lui, être ou ne pas être en ville n'affecte pas réellement la capacité créatrice, car un inventeur est toujours un inventeur. Il précise: " Que tu sois où tu voudras, tu vas toujours voir quelque chose qui a besoin d'amélioration. La ville, il me semble que tu ne vois pas plus. Quand bien même tu serais collé sur les problèmes, tu ne les vois pas plus". M. Desrosiers, un inventeur prolifique, n'a toutefois jamais réussi

à commercialiser une invention. M. Camil Lévesque, un natif de Saint-Bruno-de-Kamouraska, mais établi dans la campagne de Sainte-Hyacinthe depuis plusieurs décennies, partage ce constat et ajoute qu'être localisé en milieu rural n'affecte pas tant la créativité que le domaine dans lequel on peut oeuvrer avec succès. M. Roger Roby de Drummondville croit également que l'importance de la localisation est plus grande pour le développement que pour la fabrication d'un produit. Il croit ainsi qu'être en région périphérique aurait été problématique pour trouver certaines pièces électroniques et de la main-d'oeuvre spécialisée. Denis Morrissette, né en Abitibi, mais Montréalais depuis très longtemps, soutient que le principal problème pour un inventeur à ne pas être dans un grand centre est la "distorsion de temps", i.e. que le temps requis pour mettre au point une invention est par la force des choses plus élevé. Il ajoute toutefois que "pour la mise en marché et des choses de même, il faut que tu te présentes en ville pis que tu viennes rencontrer du monde".

On doit toutefois distinguer milieu rural de région périphérique. On trouve ainsi certains inventeurs tels que M. Mario Daigle (Saint-Bernard-de-Michaudville) et M. François Chartrand (Huntingdon) qui, à l'instar de M. Camil Lévesque (Saint-Jude), sont situés à environ une heure de route du centre-ville de Montréal hors des heures de pointe. Tous soutiennent qu'un compte de taxes moins élevé, le coût plus accessible de la propriété foncière et la proximité de leurs proches valent bien les avantages que leur procureraient une localisation montréalaise. M. Chartrand envisage toutefois de déménager à Montréal une fois ses produits reconnus.

On trouve peu de succès en régions plus éloignées de Montréal dans notre échantillon. Certains individus s'éloignent de la région métropolitaine par goût de la campagne et réussissent tout de même à se tirer d'affaires. L'ébéniste Pierre Vaillancourt, le concepteur de l'avertisseur mécanique de freinage pour vélo, et sa conjointe sont tous deux originaires de Montréal, mais ils souhaitaient se trouver une maison à la campagne. Ils ont finalement déniché la maison de leur rêve dans la région de Victoriaville, mais la tradition d'ébénisterie de cette localité n'a joué aucun rôle dans leur décision. M. Vaillancourt, qui fait dans le mobilier traditionnel québécois, fait surtout affaire avec une clientèle métropolitaine. Établi depuis plus d'une dizaine d'années à la campagne, il a eu de la difficulté à percer le marché à ses débuts, mais le bouche-à-oreille suffit maintenant à lui assurer un train de vie qu'il juge satisfaisant. M. Vaillancourt considère lui aussi qu'être à la campagne n'est pas un obstacle pour avoir

des idées, mais que la commercialisation est autre chose. Il est toutefois ébéniste avant tout et n'invente que dans ses loisirs.

M. Lionel Morasse, l'inventeur de l'Exer-cycle, se tire maintenant tant bien que mal d'affaires à partir de Saint-Raymond-de-Portneuf en faisant appel à des fournisseurs du Saguenay et de la région de Montréal. Bien que l'assemblage des premiers prototypes ait été effectué près de son lieu de résidence afin qu'il puisse lui-même superviser le processus, il relocalisera toutefois l'assemblage final de son produit près de son principal fournisseur à Jonquière une fois que tous les problèmes de développement auront été réglés. M. Morasse souligne également qu'être loin de ces fournisseurs est un "maudit problème" et qu'il se sentirait beaucoup plus à l'aise de les avoir à proximité de chez lui. Il a d'ailleurs eu des problèmes de communication important avec un distributeur montréalais faisant affaire avec une entreprise taiwanaise qui lui ont fait perdre beaucoup de temps et d'argent. Il a également dû envoyer près de 400 fax à diverses entreprises québécoise identifiées dans des catalogues industriels avant de parvenir à établir quelques contacts valables.

Paradoxalement, le seul inventeur disant regretter d'être à Montréal plutôt qu'en région est le plus montréalais de notre échantillon, M. Benoît Ouellet, un natif de Villeray habitant aujourd'hui dans le quartier voisin de Rosemont.

Je regrette de ne pas avoir été en région... Quand je pense à ce que j'ai fait... Avec l'idée que j'ai, si j'étais en région je serais rendu deux fois plus loin et peut-être plus... J'aurais eu d'abord toute l'aide des gouvernements que j'aurais voulu avoir... Ici, je me perds dans une mer... Prend le même projet et envoie moi en Abitibi, en Gaspésie ou à Chicoutimi... J'aurais une reconnaissance, je créerais de l'emploi... Je t'avoue très sincèrement que je pense partir en région, mais ma femme qui vient de Gaspésie ne veut pas retourner en région!

Mais peut-être est-ce simplement que l'herbe a toujours l'air plus verte dans la cour du voisin, car M. Ouellet n'a aucune expérience de la vie hors de l'île de Montréal. Chose certaine, les inventeurs localisés dans la région diversifiée de Montréal semblent jouir d'un avantage certain sur leurs confrères des petites villes et des campagnes du reste de la province, car il est beaucoup plus facile de rassembler et de combiner des ressources hétéroclites dans la métropole québécoise qu'ailleurs. La seule porte de sortie des inventeurs en régions périphériques est sans doute de se trouver des créneaux très spécialisés ou des produits très simples à mettre au point. Il est toutefois

entendu que fabriquer des produits peu novateurs, mais suffisamment différenciés (par exemple, des t-shirts ou des bières artisanales), est peut-être une meilleure façon de développer une économie périphérique et une masse critique de diversité locale pouvant éventuellement favoriser les combinaisons novatrices.

La situation québécoise n'a selon nous rien d'unique, et il est plus que probable que l'on obtiendrait, à titre d'exemple, des commentaires similaires de la bouche de résidents de Minneapolis-St. Paul et d'individus originaires des petites villes et campagnes du Minnesota, de l'Iowa et du Dakota du Sud. La diversité de Montréal est-elle toutefois plus propice à l'innovation que celle des villes jumelles? Nous ne sommes évidemment pas en mesure d'en juger, mais nous n'avons pas de raisons de le croire, sauf évidemment au niveau de certains intrants très spécialisés davantage disponibles ou fabriqués à un endroit plutôt qu'à l'autre.

6.5.2 Diversité locale et identification des personnes-conseils

Trouver une composante est une chose, mais il s'agit dans la plupart des cas de l'étape la moins ardue pour un inventeur, à moins évidemment que ce dernier ne soit à la recherche d'un produit très particulier. Parce qu'un inventeur possède rarement toutes les compétences requises pour mener à bien son projet, il se cherche rapidement de l'aide, que ce soit dans l'entreprise privée ou auprès de divers organismes publics. Trouver des personnes ressources ayant des expertises différentes des siennes et prêtes à collaborer avec lui est généralement un défi beaucoup plus ardu. L'invention du Fuso Fix, un petit appareil de plastique servant à protéger les raccords de fils électriques, illustre bien comment un inventeur ayant une idée, mais peu d'expertise, et un spécialiste dans un domaine unissent leurs efforts pour créer un nouveau produit. L'idée est d'abord venue de M. Michel Bernard, un travailleur de la construction oeuvrant dans des endroits publics qui était excédé de voir les gens se prendre les pieds dans ses fils et débrancher ses appareils. M. Bernard eut alors l'idée d'assembler des bouts de tuyaux pour recouvrir les prises de ses fils. Il est ensuite allé voir un dessinateur et un spécialiste de la fabrication des moules de plastique qu'on lui avait recommandé, M. Mario Daigle. M. Daigle s'avérera toutefois être non seulement un spécialiste du moulage de plastique, mais un inventeur à part entière et un individu beaucoup plus persévérant et sérieux que M. Bernard. Il perfectionnera donc considérablement le prototype en remplaçant notamment le système de vissage par un cran de verrouillage avec réglage. Cet exemple est très typique de ce que nous avons rencontré, car il s'agit

de la collaboration d'individus ayant des idées et de spécialistes d'un domaine qui peuvent les aider à les réaliser. Nous allons toutefois examiner d'autres exemples où nous chercherons à mettre davantage en lumière les processus à l'oeuvre.

Secteur privé

M. François Chartrand de Huntingdon est, jusqu'au début des années 1990, un mécanicien spécialisé dans la machinerie lourde. Il est toutefois las de travailler pour les autres et a suffisamment confiance en ses moyens pour devenir inventeur à temps plein en 1991. Sa première idée est de concevoir un nouveau type de vélo de ville. Bien qu'il soit familier avec le travail du métal et la fabrication industrielle, il réalise rapidement que s'il a des idées, une bicyclette est "presqu'aussi compliquée qu'une automobile". Il entre alors en contact, grâce à un promoteur de ses connaissances, avec le fabricant de vélos de route et de compétition Marinoni, où il apprendra les rudiments de la fabrication de cadres de vélos.

La fabrication d'un cadre [de vélo] est très complexe. J'ai dû me faire aider. Les gens qui m'ont aidé beaucoup c'est à Lachenaie, Marinoni... Ils m'ont fourni beaucoup de conseils... Ils m'ont d'abord connu quand je suis allé leur acheter des pièces pendant un moment. J'ai toujours été sincère avec eux, je leur ai dit que c'était pour fabriquer des vélos... Ils pouvaient répondre à mes interrogations... de façon juste.

Comme nous l'avons toutefois décrit dans la section précédente, il ne s'agit là que de quelques unes des personnes ressources qu'a consulté M. Chartrand. Il a depuis mis au point un vélo à deux roues motrices, un vélo de ville modifié et un nouveau genre de tandem. Il estime que sa collaboration avec un fabricant réputé, de petite taille et situé relativement près de son domicile,¹¹³ mais occupant un autre créneau, lui a fait économiser beaucoup de temps et d'argent. M. Chartrand soutient en effet que les grandes entreprises ne collaborent jamais avec les inventeurs autonomes pour les aider à mettre au point une innovation.

Plusieurs autres inventeurs nous ont relaté des démarches souvent fastidieuses au terme desquelles ils parviennent tout de même à trouver des personnes compétentes et prêtes à les aider. M. Lionel Morasse de Saint-Raymond de Portneuf met au point il y a quelques années le premier prototype de son Exer-cycle avec l'aide un machiniste de

¹¹³ Huntingdon est située à approximativement 1h30 de route de Lachenaie dans les meilleures circonstances.

son village. Il raconte toutefois comment il est entré en contact avec un manufacturier du Saguenay lui ayant permis d'aller de l'avant avec son projet.

Ça fait que je descends à Québec pour voir ce que ça donnerait plaqué, c'est-à-dire couleur zinc... Le manufacturier me "zinc" ça... Je lui dis: "Regarde, c'est pas des farces, ça me coûte 16,000\$ pour faire un "die" pour ça"... Le manufacturier me dit: "T'es fou... Mets pas un "die" là-dessus. Je connais un gars qui va te plier ça. Tout ce que tu vois là mon homme, ils vont te plier ça. Ils font des boîtes électriques". Je lui ai dit: "T'es pas sérieux". J'envoie un plan à ce gars là. Il me rappelle et me dit qu'il n'y a aucun problème. Je lui ai dit que j'aurais autre chose à faire plier. Il me demande si j'en ai beaucoup comme ça. Je lui dit mon rack au complet. Il m'a dit: "Monte me voir mon homme, on va regarder ça!" Fait que de fil en aiguille, il me fait la plupart de mes pièces et ça a réglé mon problème.

L'immense majorité des inventeurs trouvent donc des personnes ressources compétentes dans un domaine avec lequel ils sont peu familiers au terme de longues démarches au cours desquelles ils contactent plusieurs individus avant de trouver le(s) bon(s) contact(s). Ce processus n'a évidemment rien d'étonnant et ne mérite pas selon nous un traitement plus élaboré. Il nous semble plus intéressant de nous arrêter au rôle du hasard des rencontres dans une grande région métropolitaine. Madame Pauline Brisebois cherchait ainsi il y a quelques années à mettre au point des oreillers de coton où le matériel ne se tasserait pas sous le poids de la tête. Elle se dit alors que les japonais ont sûrement une façon de résoudre ce problème, car ils dorment sur des oreillers de coton depuis des siècles. Elle se met à la recherche d'un artisan dans le domaine, mais sans succès, jusqu'au jour où le hasard d'une rencontre vient régler son problème:

Des amis m'appellent et m'invitent à aller manger avec eux dans le quartier chinois de Montréal. J'haïs ça pour mourir, car j'ai été en Chine et je sais à quel point ils sont malpropres... Mais ça me tentait de voir mes amis, donc je me suis dit que je ne mangerais qu'une soupe... Je ne sais pas comment c'est venu... Je parle à mon voisin de mon problème d'oreiller. Or il y a une autre personne assise seule à la table d'à côté qui nous écoute. Un moment donné il se met à nous parler et il me dit qu'il est japonais et qu'il fabrique des oreillers!

Une aventure similaire est arrivée à Madame Diane Beauregard, la conceptrice du recouvrement de siège pour enfants "La Nanny", qui trouvera tout à fait par hasard un distributeur lui ouvrant les portes de plusieurs commerces de l'est du Québec.

Mon chum va prendre une marche. Je venais de sortir du [Salon de l'habitation]... Il va visiter des maisons. Il rencontre un monsieur dans une des maisons modèles. Il dit qu'il veut visiter et qu'il veut avoir des plans. Le monsieur dit à mon chum: "Suis-moi, mes papiers sont dans mon camion". Mon chum voit que le camion est bondé de vêtements pour enfants et de linge pour bébé. Mon chum lui demande s'il a une boutique pour enfants. Le monsieur lui dit: "Non, je présente les nouveaux produits dans les shows, à Québec, un peu partout en province et en dehors du Canada. Cela fait 22 ans que je suis vendeur comme ça... Je présente les innovations québécoises". Mon chum lui dit: "Mon dieu, t'es le gars qu'il me faut. Ma blonde vient de sortir une invention..." Il a pris rendez-vous et le gars a bien aimé mon produit et l'a montré en province... Il est arrivé avec des commandes... Mon produit est maintenant distribué à Chibougamau, Sept-Îles, Rivière-du-Loup, Sainte-Marie de Beauce, Alma... Le gars s'en va maintenant dans l'ouest canadien avec mon produit...

Le cas de M. Richer Blanchette, un menuisier de Laval, est toutefois le plus intéressant. Il songe il y a quelques années à mettre au point un nouveau type de planche à onglets. Il fabrique ses premiers prototypes en bois et il en vend plusieurs milliers d'exemplaires dans les marchés aux puces et dans quelques magasins (Goineau-Bousquet et Pascal principalement), ce qui lui permet d'accumuler du capital. Son entreprise connaît toutefois un second souffle suite à une rencontre impromptue.

Je peux dire que j'ai été chanceux... En faisant [mon invention] en bois, je suis venu à bout d'avoir de l'argent. Ensuite, j'ai rencontré quelqu'un dans un marché aux puces qui m'a dit qu'il connaissait quelqu'un qui me ferait faire plus d'argent... Il m'a amené dans une "shop", les spécialistes m'ont dit qu'il n'y avait pas de problème. On l'a fabriqué en plastique... Il m'a ensuite présenté des distributeurs... Des gars bien corrects. Je suis vraiment tombé sur un bon gars. C'est un ingénieur, il connaît la business.

M. Blanchette a d'abord vendu son produit sur le marché local. Il a par la suite participé au prestigieux *National Hardware Show* de Chicago où il a remporté un prix, ce qui lui a ouvert beaucoup de portes, notamment à une autre foire commerciale encore plus importante en Allemagne. Son produit, fabriqué à Anjou, est maintenant distribué au Canada, aux États-Unis, en Australie, en Suède, en Italie, en Espagne et en Israël. Il nous semble toutefois clair que M. Blanchette n'aurait pas connu autant de succès sans le hasard de sa rencontre avec son nouveau collaborateur.

Les inventeurs que nous avons rencontrés ne font toutefois pas qu'affaire avec des gens issus du secteur privé. Certains recherchent également de l'aide du côté des institutions

d'enseignement et des organismes et laboratoires de recherche publics. Nous allons examiner les principaux cas de ce genre dans notre échantillon.

Secteur Public

Nous avons documenté quelques cas de collaboration entre inventeurs et salariés de l'État. M. Camil Lévesque collabore depuis 18 ans le samedi avant-midi avec un parent éloigné, ingénieur électrique et chercheur à l'Institut de Recherche en Électricité du Québec (IREQ). Le fait que ce petit-cousin de l'inventeur soit un salarié d'Hydro-Québec n'a toutefois aucune influence sur le transfert de techniques entre la Société d'État et la PME de Saint-Jude, car ce dernier fait bien attention de ne pas travailler sur les mêmes principes qu'à son emploi régulier. Il a néanmoins informatisé et mis au point plusieurs techniques originales pour l'entreprise de son grand-oncle. Un cas plus conventionnel est celui de M. Gérard Lupien. Comme nous l'avons mentionné dans une section précédente, M. Lupien a la particularité d'entendre des voix lui suggérer des inventions. Une voix lui suggère donc un matin de mettre au point une concoction pour combattre l'herbe à poux. Il va à son supermarché se procurer des produits d'usage courant, mélange le tout et en constate l'efficacité sur bon nombre de plants situés à proximité de son domicile. Fait remarquable, seuls les plans d'herbes à poux sont attaqués, le reste de la végétation ne semblant pas affecté par le produit. M. Lupien parle alors de son invention à son chiropraticien qui, d'abord incrédule, constate l'efficacité du produit. On ne commercialise toutefois pas un herbicide, même biologique et fabriqué à partir de produits d'usage courant, sans compléter préalablement une batterie de tests pour répondre aux nombreux critères des organismes réglementaires. Le produit de M. Lupien était donc, au moment de notre entretien, en voie d'évaluation au laboratoire de Phytotechnie de l'Université McGill dans le but de recueillir toutes les informations et données pertinentes pour en permettre l'homologation.

Un autre cas intéressant est celui de l'inventeur shawiniganais Jean-Marie Gervais qui n'avait pas les moyens de payer 15,000\$ pour se faire fabriquer un moule décent pour sa prothèse-rateau pour le billard. Il apprend donc lui même l'art du moulage de plastique par injection en recyclant son équipement de bijoutier, son savoir-faire dans le moulage du plâtre, une cervo-direction d'automobile, d'autres machines récupérées à diverses occasions, ainsi que de l'équipement spécialisé, mais usagé, qu'il se procure à bon compte auprès d'entreprises montréalaises. Il a toutefois besoin des conseils de

personnes ressources, ce qui l'amène à cogner à bien des portes dans le sud du Québec.

Je faisais des démarches un peu partout... J'ai fait toutes les usines de la région... pour acheter des produits, faire faire des moules, mais j'avais pas les moyens ou ils n'avaient pas toutes les ressources... Je vais au CEGEP de Shawinigan, car je sais qu'ils ont une belle machine numérique de 75 000\$. Le gars qui l'opère n'est pas trop bon... Je vais à l'Université de Trois-Rivières... À l'atelier d'usinage, je rencontre les professeurs... J'ai été voir des usines et des entreprises à Montréal, à Louiseville, à Saint-Hyacinthe, à Nicolet... Tout ce qui s'appelait "Plastique"... Je suis arrivé à l'Université de Montréal pendant les vacances... J'ai été très bien reçu... Ils m'ont amené à l'atelier de génie mécanique [et un technicien m'a appris des choses]... Ils m'ont ensuite envoyé au CNRC, l'Institut de recherche, à Boucherville. J'ai eu un cours de quatre heures sur comment faire de l'injection de plastique...

M. Gervais a donc bénéficié de divers conseils de professeurs et de techniciens d'institutions d'enseignement, mais il ne s'agissait pour eux que de techniques courantes. M. Gervais a néanmoins conçu un nouveau produit à partir de techniques bien établies. M. Gervais a de bons mots pour la succursale du Conseil National de Recherche du Canada (CNRC) de Boucherville. Il rejoint en cela les propos de plusieurs autres inventeurs ayant fait affaire avec cette institution. En fait, les commentaires recueillis sur le CNRC tranchent souvent radicalement avec ceux que nous avons pu recueillir sur le Centre de Recherche Industriel du Québec (CRIQ). Nous n'avons toutefois pas cherché à approfondir la question.

On trouve également d'autres types de relations inventeurs-universités. M. Noël Doyle a mis à contribution certains étudiants l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) alors qu'il était basé à Alma: "Pour avoir des études crédibles, j'ai énormément fait affaire avec des étudiants. À l'UQAC, j'ai fait faire des mémoires de maîtrise sur mon projet qui ne m'ont pas coûté un sou... Surtout pour les études de marché, car les prototypes étaient trop coûteux à faire pour les étudiants". M. Claude Lizé, un courtier en alimentation n'ayant pas les moyens de s'adjoindre les services de spécialistes dans le design et la fabrication, a fait appel à un étudiant pour l'aider à mettre au point sa petite glacière pour vélo.

Je suis allé à la maison d'une amie qui travaille au CEGEP du Vieux-Montréal... Il y a plusieurs professeurs au "Vieux", pas loin de 500... Je lui demande si elle en connaît en design. Elle me dit qu'elle en connaît deux ou trois. Je lui dis que cela me prend un designer... Un professeur en design qui n'avait pas le temps de le faire m'a présenté à un de ses élèves, sa

"bol"... Il avait hâte de s'en débarrasser, car il était meilleur que lui... Il me présente ce jeune-là... Je le rencontre, je lui montre mon idée et il a embarqué tout de suite.

Nombre d'inventeurs ont également cherché à obtenir des conseils et du financement auprès de fonctionnaires de divers ministères et agences de développement. Nous avons d'ailleurs promis à deux inventeurs de reproduire leurs opinions sur l'aide gouvernementale, ce que nous faisons avec d'autant plus d'empressement qu'ils résument bien une opinion partagée par plusieurs autres individus. Nous commencerons par ces propos de M. Noël Doyle.

On a pas d'aide des organismes gouvernementaux... Je trouve qu'il y a beaucoup d'organismes, mais peu d'aide. C'est un vrai labyrinthe. On dirait que les gens sont là pour les salaires... Il y a de bonnes personnes là-dedans, je ne veux pas tous les juger... Mais quand tu es un entrepreneur et que tu te mets la tête sur la bûche, pis que tu vas au bâton, il y a pas grand monde pour t'aider.

Après bien des péripéties, M. Doyle a finalement réussi à trouver du financement d'individus fortunés croyant en sa vision d'une corde à linge modifiée. Ce n'est toutefois qu'après avoir mis la main sur ces fonds qu'il a pu obtenir quelques sommes de la Société de développement industriel (SDI) et de la Banque fédérale de développement régional (BFDR). M. George Côté, qui est par ailleurs l'un des rares inventeurs de notre échantillon à avoir de bons mots pour le CRIQ, a une explication intéressante sur le sujet.

J'ai rencontré des gens du gouvernement et sur la quantité, j'ai rencontré deux personnes avec qui j'ai encore des contacts, qui m'ont donné la vérité, qui m'ont reçu et qui ont pris le temps de m'expliquer des choses. Les autres ne s'occupent pas de nous, pour une raison très simple... Les gens du gouvernement veulent faire des affaires avec les grosses compagnies comme Bombardier et ces choses-là, parce que lorsqu'ils rencontrent leurs patrons, ils peuvent dire: "C'est moi qui a fait ça pour cette multinationale là"... Ils ont alors un certain prestige... Le petit cul qui a inventé quelque chose, ils ne veulent même pas le recevoir.

J'ai été rencontré une personne qui s'occupe de marketing parce que je voulais avoir des renseignements. Ils sont juste en face de l'Université McGill, au dixième étage... Le monsieur m'a parlé d'une "criss" de paire de souliers qu'il venait de s'acheter dans une boutique du centre-ville. Ça a duré une heure et demie. Je m'étais préparé des questions. Quand je suis arrivé là-bas, je posais des questions et il ne m'a jamais répondu. Ça m'a coûté 10\$ de stationnement et j'étais en fusil... Par contre, j'en ai rencontré deux autres qui ont été corrects avec moi.

M. Benoit Ouellet, le concepteur du Partitio, tient des propos similaires: "Aller cogner dans les portes des ministères et des autres affaires pour aller chercher de l'aide, des subventions, n'importe quoi, si tu n'es pas en biotechnologie... Les fonctionnaires te demandent si tu as un chiffre d'affaires de 500 000\$, sinon ils ne t'aident pas... Tu sais, *come on*, c'est de la discrimination". L'inventeur nous semblant de loin le plus bouillant dans notre échantillon, M. Michel Nadeau, rapporte une anecdote similaire et affirme avoir été tellement outré de certaines remarques du fonctionnaire traitant son dossier qu'il s'est fait expulsé par des agents de sécurité.

Les institutions d'enseignement et de recherche ne jouent donc qu'un rôle complémentaire pour les inventeurs de notre échantillon. Loin de produire une idée originale, les universitaires et les enseignants d'école technique jouent en fait le rôle d'expert-conseil en appliquant leur expertise sur un nouveau produit dont l'idée leur a été suggérée par un "amateur". Ils contribuent donc à l'innovation, mais ils n'en sont pas les concepteurs ou l'élément déclencheur.

6.5.3 De l'importance de l'interaction face-à-face

Le choix du fabricant est évidemment une étape cruciale pour tout inventeur. Comme on peut s'y attendre, tous les inventeurs autonomes que nous avons rencontrés ayant mis un produit sur le marché le font pour l'instant produire au Québec, et la très grande majorité ont retenu les services de sous-traitants situés près de leur domicile. Les inventeurs choisissent leur fabricant de la même façon qu'ils retiennent un fournisseur, mais ils sont évidemment beaucoup plus circonspects en raison des conséquences beaucoup plus importantes de ce choix. L'importance de l'interaction face-à-face dans le choix d'un fabricant est clairement ressortie lors de nos entretiens. La chose a évidemment été soulignée à maintes reprises dans la littérature géographique, mais ce que nos entretiens font clairement ressortir, c'est qu'un produit n'a pas besoin d'être de haute-technologie pour demander une interaction soutenue entre le concepteur et le fabricant.

Dans le développement de sa première véritable invention, le Jog'O, M. Daniel Paquette décide de faire affaire avec la compagnie Bromar Plastic, une entreprise qu'il a trouvée dans les pages jaunes, "principalement parce que les locaux de la firme se trouvent à Ville d'Anjou, à proximité de [chez lui]" (Paquette, 1995: 47). La mise au point d'un

produit commercialisable d'apparence aussi simple est toutefois "d'une complexité qu'on ne soupçonne pas" et requiert d'innombrables interactions face-à-face entre le modéliste, le fabricant de moules et le fabricant de bouteilles de plastique. L'inventeur aura toutefois un éventail de choix plus large pour ses inventions subséquentes en raison de sa familiarité grandissante dans le domaine. C'est ainsi qu'il contactera pour le développement de sa Gourd'O l'un des spécialistes ayant travaillé à la mise au point de sa Jog'O. Ce dernier l'introduira à un autre fabricant qui lui donnera un meilleur service.

L'importance du contact face-à-face dans l'établissement d'une relation de confiance est ressorti à maintes reprises lors de nos entretiens. Micheline Lévesque et son mari Pierre ont ainsi fait la tournée de plusieurs fabricants de plastique avec leur idée de crochets pour pots de fleurs. M. Lévesque remarque que dans certains endroits "j'aurais rien laissé là et je faisais bien attention de tout avoir avec moi quand je suis parti". Leur choix s'arrête finalement sur Plastique MTR (*Manufacture to Retail*) de Rawdon. Bien que cela n'ait pas joué le rôle primordial dans leur sélection d'un fabricant, le couple profitera par la suite beaucoup de sa proximité géographique lors des différentes étapes menant à la réalisation de leur produit.

Micheline Lévesque: "On a participé à toutes les étapes... De la conception à la présentation... Quand ils ont fait le moule, à chaque étape on y allait..."

Pierre Lévesque: "Il faut que tu comprennes que c'est vraiment son bébé... Chaque affaire qu'elle produit... C'est une perfectionniste. Il faut vraiment que le produit soit comme elle l'a vu [dans son imagination]... C'était intéressant d'être près pour elle, car on a pu suivre le cheminement..."

Enquêteur: "Et Rawdon, c'est quand même pas trop loin [de Terrebonne]..."

Pierre: "Une demi-heure..."

Enquêteur: "Est-ce que la proximité géographique a joué dans le choix de l'entreprise?"

Micheline: "Non, c'est pas vraiment ce qui est entré en ligne de compte. On s'adonnait bien avec toute l'équipe là-bas... Autant le gars des moules que les autres... Une fois qu'on s'est rendu à eux, on en avait quand même visité six ou sept auparavant... On les a pris car c'est eux qui semblaient les plus intéressés à embarquer avec nous..."

Enquêteur: "Et combien de fois diriez-vous que vous avez fait le voyage à Rawdon entre la présentation du produit et la mise en marché?"

Pierre et Micheline: "Au moins sept ou huit fois..."

Enquêteur: "Diriez-vous que c'était important pour vous d'être là pour toutes les étapes de la réalisation du produit?"

Micheline: "Je trouve que c'est très important".

Pierre: "J'y suis même allé dans une tempête de neige!... Faut que je l'aime en maudit!"

Micheline: "C'est très important... de suivre ça... Je voulais vraiment quelque chose d'esthétique... de beau, bon et pas cher".

Le couple visitera également quelques sous-traitants de Plastiques MTR localisés dans la région métropolitaine, du mouliste à l'emballer en passant par le designer. Il semble toutefois qu'il ne soit pas dans les habitudes de MTR d'agir de la sorte avec des inventeurs et que le couple Lévesque soit plutôt exceptionnel à cet égard. On note également que Micheline Lévesque a par la suite mis au point une autre invention, un support à jardinière, qui a été fabriqué par la même entreprise. Le concept étant plus sophistiqué que le crochet, Madame Lévesque dit avoir fait davantage de visites à l'usine.

L'importance de l'interaction face-à-face dans le développement de l'invention est jugée cruciale par tous les inventeurs, même pour des produits apparemment simples. M. Michel Nadeau, un concepteur qui ne met jamais ses sous-traitants au fait du but ultime de ses commandes, insiste pour mettre son grain de sel dans toutes les phases du développement.

Quand on part une nouvelle production, c'est sûr qu'un nouveau produit je m'arrange pour être là sur place, pour être certain qu'il n'y aura pas d'erreurs qui se fassent en chemin et pour être sûr que la qualité est là en bout de ligne... C'est sûr que j'essaie de centraliser la sous-traitance à Montréal... [Mes ébénistes], les premières semaines, ils ne couchaient pas avec moi, mais c'est bien juste... Je ne leur laissais pas d'occasions de faire d'erreurs, pour eux comme pour moi... Il fallait également qu'ils m'apportent quelque chose de nouveau, sinon ce n'est pas intéressant pour moi.

Marcel Larouche a rencontré quelques graphistes pour travailler à la mise au point de la maquette de son "Jeu du conducteur". Son choix s'est finalement arrêté sur un individu résidant à moins de 15 minutes de chez lui. M. Larouche dit l'avoir rencontré entre 1000 et 2000 fois pour l'aider à mettre au point le produit final. Madame Diane Beauregard de

Repentigny est la conceptrice de "La Nanny", un "siège sécuritaire multi-fonctions" qui est en fait un produit de couture relativement sophistiqué. Madame Beauregard commence d'abord sa production de façon artisanale dans son sous-sol, mais s'adjoit temporairement les services d'une couturière professionnelle pour rencontrer un échéancier très serré.

Je suis coincée... Ma soeur me parle d'une couturière expérimentée qui a de la machinerie industrielle chez elle et qui est habituée sur la production. J'ai tout taillé mes morceaux et je vais lui porter mon matériel... Je lui montre comment faire... Je passe des soirées de temps... à lui expliquer comment monter mon produit... On met au point d'autres méthodes en travaillant ensemble... Elle m'enseigne certaines techniques de la production industrielle.

M. François Charbonneau de Lachenaie, le concepteur d'un stabilisateur à échelle, raconte s'être cogné le nez sur la porte de gros fabricants. Il se trouve finalement par hasard un fabricant alors qu'il est exposant au Salon de l'habitation. M. Pierre Crevier, propriétaire d'un petit atelier à Saint-Lin où l'on fabrique surtout du matériel de transport, est en effet tellement emballé par le produit qu'il propose à M. Charbonneau de devenir son associé. Le développement de ce partenariat diminue drastiquement les coûts de fabrication de M. Charbonneau et permet à M. Crevier d'acquérir de nouvelles expertises. La proximité géographique entre les individus s'est également avérée un atout indéniable, comme le souligne M. Charbonneau: "J'étais tout le temps rendu là, au point que ma femme m'a demandé si je m'étais marié avec lui ou si c'était ma maîtresse... La proximité géographique est importante. D'autres fournisseurs m'ont proposé des choses, mais ces entreprises sont à 300 miles de chez moi... Je voulais pas que ça me coûte 1000\$ par mois... Faire 300 miles pour aller voir c'est quoi son problème de production, ça n'a pas d'allure".

Comme nous l'avons souligné, nombre d'inventeurs trouvent donc leurs collaborateurs par contacts successifs. Roger Roby, le concepteur drummondvillois du coussin acoustique, se cherchait un fabricant spécialisé dans le domaine des amplificateurs.

Ça me prenait quelqu'un qui me monte un amplificateur... Alors qui je suis allé voir en premier? Drummondville! Ça s'appelle CLD... Il me dit: "Roger, je suis débordé, oublie-moi... mais je connais quelqu'un à Ville Saint-Laurent... Ils font ça de la recherche de même... À Ville Saint-Laurent, le responsable me dit: "On pourra pas te prendre avant deux ans... Va donc voir à Sherbrooke"... Je me rends là, c'était une méchante de grosse boîte... C'était impossible de faire des affaires avec eux. Ils me disent: "Toi, t'es un petit client et nous on travaille avec des grosses affaires... Va donc voir

Delastec à Grand-Mère"... Delastec m'ont dit: "C'est intéressant ton affaire... On va le prendre... On a un laboratoire, on a des petits jeunes, des étudiants, qu'on aimerait attacher à nous autres... On les met sur des petits produits comme ça..."

La distance entre l'inventeur drummondvillois et son principal collaborateur n'est pas énorme (un peu moins de 140 kilomètres), ce qui lui permet d'effectuer plusieurs visites lors du processus de développement. M. Roby doit toutefois faire appel d'autres fournisseurs situés à Québec (1) et Montréal (plusieurs) qu'il a également visités à maintes reprises: "C'est pas disable... C'était vraiment le "sur place"... Juste pour les tests de piles, la durée des piles, savoir quel type de piles on mettrait dedans, la garantie, la longévité... Ça a pris de nombreux test sur le site des compagnies qui font ces tests-là". M. Roby avoue qu'il serait sans doute plus avantageux pour lui de se relocaliser à Montréal, mais qu'il tient à demeurer à Drummondville à cause de ses racines et de l'appui qu'il a eu du milieu d'affaires et des élus municipaux (qui ont même dézonné la rue où il réside afin de lui permettre de lancer sa production à partir de son domicile).

L'une des principales observations de notre enquête est donc, là encore sans surprise, que les notions de "distance" et de "proximité" sont très subjectives. Certains inventeurs de la Mauricie parcourent ainsi régulièrement des distances qui seraient sans doute jugées trop exigeantes par certains montréalais ou par la plupart des êtres peu passionnés par ce qu'ils font. M. Claude Paquette, basé à Saint-Luc-de-Vincennes (Mauricie) a effectué en moins de trois mois plus d'une centaine de voyages entre le Cap-de-la-Madeleine (Mauricie), où est localisé son fabricant de matrices, et Rougemont (Montérégie), où est localisé son manufacturier. Il participe également à presque tous les salons et foires reliés de près ou de loin à la construction résidentielle, le chauffage et la ventilation qui sont tenus dans la province. M. Jean-Marie Gervais quitte souvent Shawinigan-sud le matin pour aller consulter des personnes ressources à Trois-Rivières en avant-midi et à Montréal en fin de journée. Il faut toutefois préciser que ces deux individus sont retraités, que leurs enfants ont depuis longtemps quitté le domicile familial et qu'ils se consacrent pleinement à leur invention. C'est également le cas de Dorian Dubé de Squatec qui, après avoir travaillé plusieurs décennies dans la région montréalaise, est retourné s'établir dans sa région d'origine pour sa retraite. Il fait toutefois très fréquemment la navette à Montréal où il a un pied-à-terre. Il se définit d'ailleurs autant comme montréalais que comme résidant du Témiscouata. S'il décidait

de se lancer dans la fabrication de son prototype, il reviendrait dans la région de Montréal, où il possède un local et des contacts d'affaires.

On peut finalement noter qu'un seul individu dans notre échantillon, Richard Jacques, qui est sans surprise le plus jeune du groupe, s'est servi d'internet dans sa démarche créatrice. Il ne l'a toutefois véritablement utilisé que pour commercialiser son panier *Trio-Net*.

Je pensais pas du tout que mes produits se retrouveraient aussi rapidement aux États-Unis. Pourquoi c'est venu là? Parce que j'ai pris le risque d'aller montrer mon idée à un gros réseau aux États-Unis. Ils l'ont aimé et ils m'ont fait confiance. J'ai été chanceux... Je suis allé sur internet. J'ai sorti la liste des *houseware stores* dans la région de New York. Je suis tombé sur Lechters... Je suis allé voir une boutique. Ils m'envoient au siège social. Ils ont aimé le produit. Ils m'ont passé un *test order* cinq mois plus tard.

M. Jacques a donc attaqué le marché extérieur le plus près de son domicile. L'inventeur précise toutefois qu'Internet ne constitue pas un substitut valable au contact face-à-face:

Le fait d'aller sur place, sur le champ, dans le champ... pour aller voir les clients, les gérants et tout ça... Ils te visualisent, ils savent qui tu es. Je trouve ça bien important. Ils savent quel genre de service tu es prêt à donner quand tu es sur place. Si un client passe à côté, car l'achat dans les boutiques se fait sur place, pas sur internet... S'ils te voient là, comme manufacturier, tu peux répondre à leurs questions. Ils peuvent aussi porter plainte. Moi, aller voir les gens, aller voir les clients sur place, c'est beaucoup mieux que d'appeler... Il faut être là, même aux États-Unis... Même si les gens commandent par internet, ils veulent te voir la face... Si tu y vas, ils vont te respecter... Le face-à-face, c'est surtout important au début et après tu peux diminuer la fréquence... mais il faut encore y aller.

Nos entretiens confirment donc ce que plusieurs travaux antérieurs avait fait ressortir. Nous croyons toutefois démontrer que l'importance du face-à-face n'est pas seulement cruciale pour des produits à "contenu technologique élevé", mais également pour des articles pouvant en apparence sembler fort simples. En fait, le principal critère est sans doute bien davantage la nouveauté et l'originalité d'un produit que sa difficulté technique.

6.6. Synthèse

Nous avons souligné dans le premier chapitre certaines lacunes des études traitant de la diffusion intersectorielle et / ou de la diversité économique locale, que nous avons essayé de corriger en élaborant une alternative basée sur la créativité humaine. Il nous

fallait dès lors interroger des individus créatifs oeuvrant dans différents contextes afin de valider, raffiner ou corriger nos intuitions. Nous tenions plus particulièrement à vérifier si les processus cognitifs que l'on associe aux plus grands esprits techniques s'appliquaient tout autant à des individus certes très imaginatifs, mais qui ne passeront jamais à la postérité. Ce faisant, nous tenions à vérifier certaines récurrences dans le processus créatif et obtenir une meilleure compréhension de l'influence d'une ville diversifiée sur celles-ci. Nous pouvons maintenant établir quelques constats.

Les processus créatifs chez les techniciens sont remarquablement similaires d'un individu à l'autre. Ils varient en intensité, mais ne présentent pas un caractère radicalement différent. L'origine de toute innovation technique est un problème confrontant un individu. On doit donc étudier l'innovation à partir de ce point de départ obligé avant d'aborder le cadre dans lequel un inventeur évolue, que ce soit son entreprise ou sa région. La phase de résolution de problèmes implique toujours la combinaison de techniques, d'expériences et de contacts divers. Comme nous l'avons vu, la région métropolitaine de Montréal (RMM) favorise les contacts entre gens possédants diverses spécialités, de même que la mobilité intersectorielle de la main-d'oeuvre. L'espace "géo-économique" (i.e les endroits où les inventeurs ont occupé des emplois et ont des fournisseurs, des fabricants et des personnes-ressources) de la plupart des inventeurs interrogés est toutefois beaucoup plus large et s'étend le plus souvent à la vallée du Saint-Laurent. De plus, certains inventeurs trouvent des idées en voyageant ou en parlant à des individus originaires d'autres régions. Comme nous l'avons également constaté, bien que la proximité géographique soit souvent un atout, les relations de confiance et de complicité entre individus jouent un rôle majeur et incitent souvent les individus à faire affaires avec des fournisseurs et des fabricants un peu plus éloignés, mais avec qui ils sont à l'aise. On doit toutefois garder à l'esprit que les inventeurs interrogés sont des individus très motivés travaillant "sur leur bébé." Ils sont donc prêts à faire des sacrifices qui rebuteraient bien des employés salariés. Il est toutefois certain que passé un certain seuil, la fréquence des déplacements et les divers coûts liés à la présence en région périphérique deviennent tout simplement trop importants pour être supportés par un individu.

Une agglomération diversifiée favorise l'innovation à plusieurs égards, notamment parce que l'interaction face-à-face est toujours cruciale, même pour des techniques en apparence fort simples. Il est toutefois selon nous excessif de ramener uniquement le

rôle des villes à celui des transferts de connaissances entre différents domaines, comme l'ont fait certains chercheurs. Un milieu urbain diversifié ne peut que faciliter ces processus, mais plusieurs autres facteurs, dont notamment les économies d'urbanisation, jouent un rôle tout aussi crucial dans la combinaison de techniques. Si la réutilisation des expertises et des contacts antérieurs, de même que le transfert analogique, suffisent parfois à mettre au point une invention, ils ne constituent habituellement que le point de départ ou une étape d'un processus beaucoup plus long. L'individu créatif doit alors entreprendre plusieurs démarches afin de se procurer des matériaux appropriés et de localiser des personnes ressources compétentes. Or pour des raisons économiques autant que de proximité culturelle, l'immense majorité des fournisseurs et contacts utiles des inventeurs interrogés sont situés dans le sud du Québec. Il est toutefois difficile de statuer sur l'importance particulière du "milieu québécois" sur les inventions que nous avons étudiées, car la plupart des individus en seraient certainement au même degré d'avancement dans la plupart des agglomérations importantes d'Amérique. Nous croyons donc ultimement que l'innovation, surtout lorsqu'elle ne s'inscrit pas dans un contexte particulier comme la Silicon Valley ou le district montréalais de la fourrure, est une affaire d'individus bien plus que de milieu, bien que comme nous l'avons souligné, une ville diversifiée et d'une certaine taille soit un catalyseur important.

Nous devons toutefois faire une mise en garde quant aux généralisations que l'on peut tirer de nos observations hors du contexte québécois et par extension de petites sociétés ne comptant qu'une agglomération importante (pays scandinaves, Hollande, Nouvelle-Zélande, etc.). Notre principal problème est que le seul inventeur anglophone de notre échantillon, l'ingénieur Walter Nymark, entretient des relations hors de la métropole québécoise qui n'ont aucune mesure avec celles des autres inventeurs, y compris les ingénieurs francophones. Bien que M. Nymark, qui est originaire de Saint-Sauveur, estime avoir eu une trentaine de collaborateurs montréalais, il a contacté et a collaboré avec un très grand nombre d'individus à Toronto, Ottawa, Windsor, New York, Salt Lake City et Taiwan. M. Nymark est le seul individu dans notre groupe, à l'exception de l'ingénieur d'origine Costa-ricaine Ricardo Castillo-Valle, ayant effectué des séjours prolongés aux États-Unis et en Afrique au cours de sa carrière. Il précise toutefois que les liens qu'il a tissés pour mettre au point son *Polar Pad* n'ont rien à voir avec son expérience passée avec la multinationale Caterpillar et tout avec le nouveau (du moins pour lui) champ de la criothérapie. Quoiqu'il en soit, son bagage culturel est

clairement un atout dans son cas et il est de loin le personnage le plus cosmopolite de notre échantillon. Nous ne croyons pas qu'il aurait pu mener à terme son projet ailleurs au Québec, mais il semble clair qu'il serait aussi avancé dans la plupart des grandes villes diversifiées d'Amérique.

CONCLUSION

0.1 Rappel de la démarche et des observations

Le point de départ de notre recherche est une controverse récente en géographie économique où nombre d'auteurs soutiennent qu'un tissu urbain diversifié est plus susceptible de favoriser l'innovation technique qu'un tissu plus spécialisé, car il constitue un cadre idéal pour la diffusion intersectorielle de l'innovation technique. Nous croyons toutefois démontrer que les tenants et les opposants de cette thèse n'avancent aucune preuve directe pour étayer leurs propos. On ne trouve ainsi aucune description des processus par lesquels ces transferts se réalisent, ni même s'ils sont véritablement importants pour l'innovation. Le but de notre démarche est donc de combler cette lacune en les identifiant et les analysant, et en essayant de comprendre comment un tissu urbain diversifié peut les favoriser. Comme nous le soulignons au début de ce travail, Jacobs (1969) a déjà fait une tentative intéressante pour expliquer le rôle des villes diversifiées en tant que catalyseur de l'innovation. Nous avons toutefois crû pouvoir clarifier et bonifier une partie de son cadre théorique au moyen d'ajouts tirés de divers domaines allant des sciences sociales au génie en passant par le droit.

Nous avons dans un premier temps cherché à identifier et à comprendre les processus de combinaison de techniques. Déterminer de façon satisfaisante leur importance respective les uns par rapport aux autres, comme par exemple jauger de l'importance de l'emprunt analogique par rapport aux acquis préalables ou encore mesurer l'impact du mouvement de personnel vis-à-vis la collaboration d'employés d'entreprises différentes, ne pouvait faire partie de notre démarche d'entrée de jeu, car nous ne les connaissions pas ou n'en n'avions qu'une vague idée. La compréhension que nous avons acquises de ces processus nous a toutefois permis de poser les jalons de démarches subséquentes tout en faisant ressortir davantage certains aspects problématiques des travaux menés jusqu'ici. Notre analyse débute donc avec une critique relativement détaillée des principales approches retenues jusqu'ici pour étudier notre problématique.

Nous traitons donc dans le premier chapitre des fondements, de la fiabilité et de la pertinence des classifications industrielles et des brevets pour l'analyse de la "diffusion intersectorielle". Nous examinons ensuite les principaux travaux sur le sujet et concluons, à l'instar de DeBresson (1990: 833), que l'on ne sait jamais trop "ce qui [y] est mesuré, quelles suppositions et hypothèses sont sous-jacentes à l'analyse, ni comment l'innovation, l'invention ou la R-D est conçue dans le [tableau d'échange inter-

industriel]" et que les économistes, dans leur "ardeur à utiliser l'outil puissant de l'analyse inter-industrielle", ont porté une attention insuffisante à la rigueur théorique des concepts et au bien-fondé de leurs suppositions. Ces constats s'appliquent également selon nous à la mesure de la diversité économique locale qui, indépendamment de l'indicateur retenu, repose sur la classification industrielle. Nous examinons ensuite brièvement certaines études qualitatives traitant de cette problématique et observons que si elles sont plus riches en illustrations, elles ne documentent que très peu les processus par lesquels certains individus trouvent de nouveaux usages pour leur savoir-faire.

Nous croyons donc utile d'abandonner la notion de "diffusion intersectorielle" et d'aborder notre problématique sous l'angle de la combinaison de techniques, de savoir-faire et de représentations diverses. Nous suggérons par la suite une heuristique de la diversité locale qui est basée sur les individus et non sur les entreprises et les secteurs industriels, et sur la valeur absolue de la diversité plutôt que sur une moyenne indépendante de la taille d'une agglomération urbaine. Il est donc selon nous erroné de croire qu'une petite ville possédant diverses entreprises soit nécessairement plus diversifiée qu'une ville plus importante comptant un secteur dominant, mais également d'autres industries en proportion moins importantes. Si l'on se replace dans la perspective de l'individu, la présence (ou l'absence) d'un producteur ou d'un fournisseur particulier est bien plus importante qu'une notion abstraite de la diversité. Ces constats sont d'ailleurs renforcés par certaines analyses qualitatives de la combinaison de techniques. On constate toutefois qu'aucun auteur n'a véritablement essayé de conceptualiser de façon systématique les processus de combinaison de techniques.

Le deuxième chapitre traite plus en détail de certaines conceptions dominantes de l'innovation technique en géographie économique. Cette digression nous semble nécessaire, car bon nombre des axiomes que nous utilisons, notamment l'universalité des processus créatifs à travers les diverses phases de l'histoire de l'humanité et le rôle primordial des individus dans l'innovation technique, leur sont incompatibles. Le point de départ de ce chapitre est le constat largement partagé de la désuétude du modèle linéaire de l'innovation technique et l'intérêt grandissant pour des apports beaucoup plus complexes tenant compte de l'incertitude, de l'innovation incrémentale, des processus informels, des interactions entre fabricants et utilisateurs, des réseaux sociaux et des compétences humaines. Comme nous croyons le démontrer, toutes les enquêtes sur

l'innovation confirment qu'elle est généralisée et qu'à peu près tous les acteurs (concepteurs, usagers, producteurs, etc.) affirment innover continuellement. Nous croyons donc qu'une alternative théorique au cadre dominant en géographie économique inspiré du thème du "changement de mode de production" est non seulement souhaitable, mais nécessaire.

Nous débutons l'esquisse de notre approche dans le troisième chapitre en suggérant que l'analyse de la combinaison de techniques doit forcément partir de la créativité individuelle et des interactions entre individus ayant des qualifications et des expériences qui leur sont propres. Nous tentons alors de joindre deux paradigmes pour analyser notre problématique: 1) l'approche économique autrichienne; 2) l'analyse de la créativité technique. Nous expliquons brièvement comment les processus de marché coordonnent les actions de millions d'individus n'entretenant pas de rapports directs les uns avec les autres. Nous illustrons également comment la création technique est un processus par lequel nombre d'individus créatifs ont cherché à travers l'histoire à amoindrir leur sentiment de malaise. Malgré la diversité des contextes dans lesquels ils oeuvraient, tout ont dû passer par certaines étapes, dont notamment l'identification d'un problème, la multiplicité des approches, le processus d'essais et d'erreurs, la combinaison de choses déjà existantes et l'absence de solutions définitives. Chaque individu créatif a également puisé abondamment dans ses acquis préalables et dans sa capacité d'observation pour envisager diverses solutions potentielles, réunir des ressources, ajouter à l'oeuvre de ses prédécesseurs et mettre en marché sa réalisation. C'est donc à la lumière de l'analyse des processus de marché, du processus cognitif, de la dynamique interne des entreprises et des relations d'interdépendance entre les différents acteurs d'un milieu géographique circonscrit que l'on doit aborder l'influence d'un milieu diversifié sur la combinaison de techniques.

Nous élaborons notre typologie des processus combinatoires dans le quatrième chapitre en nous basant sur l'axiome indiscutable que tout acte créatif implique l'un et / ou l'autre des processus suivants: 1) un individu créatif trouve un nouvel usage pour son savoir-faire; 2) un individu créatif intègre quelque chose de nouveau à son savoir-faire. Il peut pour cela collaborer avec des collègues ayant des compétences complémentaires au sein de son entreprise, mais ces processus se concrétisent également de cinq façons dans la sphère commerciale: 1) les employés d'une entreprise trouvent de nouvelles applications pour leur savoir-faire et se lancent eux-même dans la fabrication; 2) des

employés salariés vont oeuvrer dans des entreprises de secteurs différents pour utiliser leur savoir-faire dans de nouveaux contextes; 3) les employés d'une entreprise sous-traitante développent ou acquièrent une nouvelle technique et transfèrent ce nouveau savoir-faire à leurs clients oeuvrant dans différents domaines; 4) les employés d'une entreprise observent un produit ou un procédé utilisé dans un autre contexte et l'adapte à leur production, avec ou sans la collaboration d'employés oeuvrant dans le domaine d'origine; 5) les employés d'entreprises oeuvrant dans des secteurs différents collaborent dans la mise au point d'un nouveau produit ou procédé. Nous terminerons ce chapitre par quelques constats sur les clivages disciplinaires et sectoriels trop étanches.

Le cinquième chapitre est une tentative de synthèse de la littérature géographique où nous essayons de cerner l'importance de la proximité géographique pour l'innovation technique et des économies d'urbanisation sur la combinaison de techniques. Nous abordons d'abord brièvement la problématique bien connue des économies d'agglomération avant d'examiner l'importance de l'interaction face-à-face. Pour ce faire, nous distinguons les connaissances explicites et tacites. Nous examinons ensuite plus en détail l'importance de la proximité géographique pour la transmission de ces dernières. Contrairement à la majorité des analyses géographiques, nous jugeons que la combinaison de techniques est le processus prédominant et que le support territorial (district industriel, milieu novateur, ville, etc.) ne joue le plus souvent qu'un rôle de catalyseur. Il est toutefois indéniable que l'environnement d'un individu exerce un rôle important pour ce qui est des problèmes le confrontant, de ses opportunités d'apprentissage, de sa capacité à rassembler des ressources humaines, matérielles et financières, de même que de sa capacité à commercialiser ses innovations. De plus, la proximité géographique facilite souvent l'établissement des relations de confiance. L'innovation technique nécessite donc nombre d'intuitions créatrices, d'essais et d'erreurs, une dose de chance et des ressources diverses pouvant être combinées. Elle consiste essentiellement à trouver de nouvelles façons de faire les choses, de nouvelles choses à faire ou de nouveaux usages pour des choses existantes. Bien que l'on puisse observer certaines récurrences dans le processus créatif, l'innovation est toutefois produite par un être humain travaillant dans un contexte unique et tout indique qu'un milieu diversifié est plus susceptible de suggérer des pistes de solution ou de faciliter la combinaison de techniques qu'un milieu plus homogène.

Le dernier chapitre présente certaines observations colligées lors des entretiens que nous avons menés auprès d'une cinquantaine d'inventeurs autonomes québécois. Notre démarche empirique avait essentiellement pour but de vérifier la pertinence de certaines intuitions acquises lors de nos lectures, d'acquérir une compréhension plus raffinée des processus de combinaison de techniques et de rectifier nos postulats de départ. Les principales observations tirées de nos entretiens étaient donc déjà incorporées de façon implicite dans les chapitres précédents. Le principal objectif de ce chapitre n'est donc pas d'apporter de nouveaux éléments à notre cadre théorique, mais bien plutôt de démontrer que les processus identifiés préalablement se déroulent quotidiennement au Québec et ne sont pas que le fait d'individus exceptionnels.

Nous constatons sans surprise que la logique sectorielle des statisticiens et des économistes ne s'applique tout simplement pas aux inventeurs autonomes québécois, car ces derniers sont bien plus que des spécialistes. Ils sont d'abord et avant tout des individus particulièrement doués pour identifier et résoudre des problèmes auxquels ils sont confrontés dans différents contextes. La plupart d'entre eux adorent également apprendre de nouvelles choses et relever de nouveaux défis, ce qui les amènent souvent à explorer de nouveaux horizons lorsqu'ils sont las de la routine sur leur lieu de travail. De plus, le peu d'aptitude ou d'intérêt de la plupart des inventeurs pour la gestion et les opérations routinières les amènent régulièrement à changer d'entreprises et de secteur d'activité. Un autre facteur favorisant la mobilité entre différents domaines est que les employeurs du secteur privé font face à des contraintes importantes, ce qui les empêche bien souvent, surtout dans de petites entreprises, d'accorder trop de latitude à leurs employés. On doit finalement souligner que certaines circonstances, telles que la fermeture d'une entreprise ou des conflits de personnalité, ont également obligé certains individus à se chercher un autre emploi. On trouve donc plusieurs facteurs amenant les individus à réutiliser leurs expertises et leurs contacts d'affaires dans un nouveau contexte.

Nous abordons également la question du milieu local diversifié et des petites villes de provinces et des régions périphériques en rapportant l'expérience d'un certain nombre d'inventeurs. Nous en concluons de façon non équivoque que la présence métropolitaine est un atout considérable pour un inventeur autonome, mais que le rayon d'action d'individus motivés dépasse largement la RMM. Bien que l'interaction face-à-face soit cruciale même pour des techniques en apparence fort simples, les relations de

confiance et de complicité entre individus jouent un rôle majeur et incitent souvent les individus à transiger avec des fournisseurs et des fabricants un peu plus éloignés, mais avec qui ils sont plus à l'aise. On doit toutefois garder à l'esprit que les inventeurs interrogés sont très motivés. Ils sont donc prêts à faire des sacrifices qui rebuteraient bien des employés salariés. Il est toutefois certain que passé un certain seuil, la fréquence des déplacements et les divers coûts liés à la présence en régions périphériques deviennent tout simplement trop importants pour être supportés par un individu.

Si la phase de résolution de problèmes implique toujours la combinaison de techniques, d'expériences et de contacts divers, déterminer l'influence particulière d'une ville diversifiée sur ces processus est toutefois beaucoup plus délicat que celle d'un district spécialisé, car la quasi-totalité des inventions que nous avons examinées auraient pu être menées à terme dans la plupart des villes importantes d'Amérique. Une agglomération diversifiée favorise donc l'innovation à plusieurs égards. Il est toutefois erroné de ramener le rôle des villes diversifiées à celui des transferts de connaissances entre différents domaines, car elles favorisent également des économies de temps et d'argent importantes, tout en offrant davantage d'opportunités d'affaires. Si la réutilisation des expertises et des contacts antérieurs, de même que le transfert analogique, suffisent parfois à mettre au point une invention, ils ne constituent habituellement que le point de départ ou une étape d'un processus beaucoup plus long. L'individu créatif doit alors entreprendre plusieurs démarches afin de se procurer des matériaux appropriés et de localiser des personnes ressources compétentes.

0.2 De nouvelles pistes de recherche

En raison du caractère essentiellement exploratoire de notre démarche, notre analyse s'est finalement avérée être le résultat d'un processus itératif entre diverses sources documentaires et notre travail de terrain auprès d'un échantillon d'inventeurs autonomes. Parce que la combinaison de techniques et l'urbanisation sont des phénomènes universels que l'on retrouve dans tous les lieux géographiques, toutes les époques et tous les contextes culturels de l'histoire de l'humanité, il nous a semblé réaliste de vouloir élaborer une théorie universelle pour expliquer les processus par lesquels la diversité économique locale est susceptible de favoriser la créativité techniques chez certains individus. La combinaison de techniques par un individu ou un groupe d'individus nous semble toutefois le point de départ obligé de toute analyse de

ces processus, car un individu créatif n'a pas nécessairement besoin d'être situé dans une ville diversifiée pour joindre deux choses qui ne l'étaient pas préalablement. De plus, la combinaison de choses hétéroclites remonte à au moins 2,6 millions d'années avec l'apparition des premiers outils (De la Cal et al., 1999), tandis que les premières villes néolithiques n'ont au plus qu'une dizaine de milliers d'années (Mellaart, 1967).

Si nous croyons au terme de notre démarche avoir identifié de façon adéquate les principaux processus de combinaison de techniques et l'influence qu'un milieu diversifié peut avoir sur ces derniers, il demeure toutefois indispensable d'identifier d'autres manières de pousser plus loin l'analyse de notre problématique. Si la principale originalité de notre travail est la combinaison d'apports étant jusqu'à maintenant demeurés isolés les uns des autres - et bien que nous ayons consulté des spécialistes compétents dans d'autres domaines -, notre manque de familiarité dans certains domaines nous a sans doute empêché d'approfondir certaines questions. Il est donc entendu qu'une collaboration plus poussée avec des spécialistes d'autres domaines donneraient sans doute des résultats plus détaillés si la démarche était à refaire. Il est toutefois possible de suggérer d'autres façons d'examiner plus en détail notre problématique.

L'une des premières choses à approfondir est évidemment la psychologie de l'invention, notamment pour déterminer la part respective du savoir-faire antérieur et de l'observation de nouveaux produits et procédés. Une telle démarche peut évidemment être réalisée en examinant plus en détails quelques inventions et en faisant une étude longitudinale plus détaillée de certains individus. Si les rôles respectifs de la mémoire et de l'apprentissage dans l'acte créatif sont sans nul doute des sujets auxquels plusieurs psychologues se sont intéressés, les ouvrages que nous avons consultés dans le domaine (chapitre 3) nous amènent cependant à croire que la créativité technique a été l'enfant pauvre de la recherche en psychologie cognitive. Il reste donc peut-être encore beaucoup à faire sur le sujet.

Un autre sujet qui mérite d'être approfondi est la combinaison de techniques au sein d'une entreprise. Nous avons déjà abordé un certain nombre d'études ayant traité de cette problématique (chapitre 4), mais il serait selon nous possible d'intégrer davantage certains apports de la psychologie cognitive pour éclairer davantage ces processus et identifier les facteurs institutionnels et culturels facilitant ou bloquant les combinaisons

novatrices et l'intégration de savoir-faire issus d'autres domaines. Il nous semble également que la suggestion de Weber (1992) de créer des postes de "walkman" pour des employés retraités est une idée qui mériterait d'être examinée plus sérieusement.

La question la plus importante en géographie économique et sur laquelle nous ne pouvons porter aucun jugement à partir de notre échantillon est celle de l'impact respectif de deux villes diversifiées. Nous avons déjà fait allusion à l'influence potentielle du milieu montréalais et celui des villes jumelles du Minnesota sur la combinaison de techniques. S'il nous semble aller de soi que l'on retrouvera des processus similaires dans les deux endroits, il sera sans doute extrêmement difficile d'isoler l'impact précis d'un milieu sur un autre. Bien qu'il n'y ait sans doute pas de stratégies parfaites pour isoler l'impact particulier d'un milieu, il serait sans doute intéressant de procéder à l'analyse de l'innovation dans deux usines similaires appartenant à un même propriétaire. On éliminerait sans doute ainsi certains facteurs problématiques, notamment parce que la culture d'entreprise et la structure organisationnelle y seraient sans doute relativement similaires et que chaque usine bénéficie sans doute des mêmes avancées techniques suggérées par des centres de décisions externes. Il ne resterait dès lors qu'à examiner un certain nombre d'innovations incrémentales à partir de la grille d'analyse que nous avons développée dans ce travail. On observerait ainsi si les employés dans les deux localisations identifient et résolvent le même genre de problèmes. Il nous semble plausible de croire que l'on observerait des innovations différentes n'étant pas rapportées aux échelons supérieurs. Il serait alors intéressant d'identifier les suggestions ayant été faites pour résoudre ces problèmes et d'en retracer l'origine (emploi précédent, loisir, observation d'un dispositif dans un autre contexte, etc.) Il est selon nous à peu près certain que l'on observerait certaines différences d'un endroit à l'autre, compte tenu des autres industries et activités de toutes sortes pratiquées dans une localisation plutôt que dans l'autre. Une telle démarche permettrait selon nous plus que toute autre d'identifier la part du local dans la combinaison de techniques.

D'autres approches sont évidemment envisageables. On peut ainsi identifier une innovation pour laquelle on a trouvé plusieurs usages différents. Il serait alors possible de rendre compte de la dimension géographique des processus d'adaptation dans de nouveaux domaines lorsqu'il y a lieu (lieu d'origine, diffusion hiérarchique, diffusion locale, etc.) et d'observer la réutilisation de savoirs antérieurs et d'emprunts

analogiques, de même que de la collaboration entre divers spécialistes ayant facilité le processus. Il est entendu que pour être fructueuse, cette démarche devrait idéalement porter sur une innovation très récente. L'enquête de Shane (1999), dont nous ignorions l'existence au moment d'entreprendre notre démarche, a déjà été très loin en ce sens. L'auteur se limite toutefois à l'impact du savoir-faire préalable et ne traite pas non plus de la dimension géographique des processus de combinaison. Détail intéressant, L'auteur suggère même d'étudier des domaines autres que la "haute technologie" pour voir si ces résultats sont généralisables!

On pourrait également étudier les mouvements intersectoriels d'une catégorie de travailleurs (informaticiens, ingénieurs, spécialistes du marketing, etc.) et documenter avec plus de précisions que nous ne l'avons fait comment les premiers contacts sont établis et comment leur bagage est utilisé dans un nouveau contexte. La dernière approche que nous suggérerons est d'étudier une "greffe technologique" entre entreprises issues de domaines différents de façon beaucoup plus détaillée que les études que nous avons sommairement décrites dans le premier chapitre, notamment au niveau de la dimension géographique de ces processus. Contrairement aux experts de l'OCDE, nous ne croyons pas qu'en identifier une serait un exercice très difficile. Les travaux de Kodama (1992), ont posé les premiers jalons en ce sens, mais il est selon nous possible de pousser la démarche beaucoup plus loin à l'aide d'apports tirés de la psychologie cognitive.

Il est selon nous tout à fait possible et souhaitable de pousser plus loin les études de cas que nous venons de suggérer. On peut cependant se demander s'il est possible de quantifier les processus combinatoires que nous avons identifiés. Il est évidemment possible d'administrer un questionnaire fermé où l'on interroge certains individus sur l'importance respective de quelques facteurs. Une telle démarche nous semble toutefois hasardeuse dans la mesure où la plupart des processus que nous avons abordés sont le plus souvent informels et donc sujets à interprétation subjective d'un individu à l'autre. De plus, comme nous l'avons constaté dans notre démarche empirique, si les individus créatifs puisent toujours abondamment dans leur savoir-faire accumulé, celui-ci devient rapidement si important qu'ils sont souvent incapables d'identifier avec précision l'origine d'une technique ou d'une façon de faire qu'ils appliquent dans un nouveau contexte.

Quantifier l'impact de la diversité locale nous semble tout aussi difficile. On peut évidemment établir des listes de fournisseurs comprenant des statistiques sur la localisation, le chiffre d'affaires et le nombre d'individus impliqués dans une greffe technologique, mais ces chiffres sont selon nous de peu d'intérêt pour comprendre la dynamique de l'adaptation de techniques dans un nouveau contexte. Le principal problème est selon nous qu'une collaboration ponctuelle entre entreprises oeuvrant dans des domaines très différents peut avoir un impact beaucoup plus grand que l'achat à grand volume de pièces standardisées auprès d'un fournisseur local une fois que la greffe technique est complétée. D'autres tentatives de quantification sont sans doute possibles, mais nous croyons que les indicateurs actuellement disponibles ne sont pas vraiment adéquats pour faire ce travail (chapitre 1).

Quoiqu'il en soit, une compréhension plus adéquate de la combinaison de techniques et l'impact d'une ville diversifiée sur ces processus mérite d'être poursuivie, ne serait-ce que parce que plusieurs concepteurs de politiques de développement local et régional sont encore prisonniers d'une logique linéaire et sectorielle. Il semble cependant aller de soi que l'homogénéisation d'un milieu est la meilleure recette pour la stagnation et le déclin. Le progrès technique et économique nécessite au contraire de continuelles doses de dissidence et de nouvelles façons de voir les choses. Et comme certains auteurs l'ont déjà constaté, aucun autre cadre social ne confronte les individus à un éventail plus large de problèmes et d'idées qu'un milieu urbain diversifié.

BIBLIOGRAPHIE

----- . 1997a. "Carbon Balls to a Radical Rescue". The Economist 344 (8031), August 23, p. 61.

----- . 1997b. "Light as a Feather, Stiff as a Board". The Economist 345 (8038), October 11, p. 103-4.

----- . 1997c. "The Century the Earth Stood Still". The Economist 345 (8048), December 20th, p. 65-7.

----- . 1999. "Silicon Valleys". Discover 20 (2), p. 37.

ABLER, Ronald, John S. Adams and Peter Gould. 1971. Spatial Organization. The Geographer's View of the World. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

AGENCE FRANCE-PRESSE. 1994. "De l'astronomie à la mammographie". La Presse (Montréal), 31 juillet, p. C3.

AGENCE FRANCE-PRESSE. 1997. "La technologie spatiale "descend" sur terre". La Presse, 22 juin, p. C9.

AITKEN, Hugh J. 1985. The Continuous Wave: Technology and American Radio, 1900-1932. Princeton: Princeton University Press.

ALAMARO, Moshe. 1994. "Rethinking Technological Economy of Scale". IEEE Technology and Society Magazine 13 (4), p. 20-1.

ALLEN, Max. 1997. Ideas that Matter: The Worlds of Jane Jacobs. Owen Sound: Ginger Press.

ALTSHULLER, Genrikh S. 1984. Creativity as an Exact Science. The Theory of the Solution of Inventive Problems. New York: Gordon and Breach Science Publishers.

ANGLE, Harold L. and Andrew H. Van de Ven. 1989. "Suggestions for Managing the Innovation Journey". In Andrew H. Van de Ven, Harold L. Angle and Marshall Scott

Poole (eds). Research on the Management of Innovation: The Minnesota Studies. New York: Harper & Row, p. 663-98.

ARCHIBUGI, Daniele. 1988. "In Search of a Useful Measure of Technological Innovation (to Make Economists Happy without Discontenting Technologists)". Technological Forecasting and Social Change 34, p. 253-77.

ARROW, Kenneth J. 1994. "Methodological Individualism and Social Knowledge". American Economic Review 84 (2), p. 1-9.

ASHEIM, B. T. "Industrial Districts as "Learning Regions": A Condition for Prosperity". European Planning Studies 4: 379-400.

AUDIN, Raoul. 1965. "L'Imprimerie". In M. Dubuisson, J.-B. Ache, M. Audin, A. Birembaut, P. W. Bishop, M. Daumas, W. Endrei, D. Faucher, A. Garanger, B. Bille, P. Gille, A. Machabey, P. Mesnage, J. Payen, J. Pilisi, P.R. Schwartz et S. W. Shukhardin (éditeurs). Histoire générale des techniques. Tome II: Les premières étapes du machinisme. Paris: Presses Universitaires de France, p. 649-90.

AUDRETSCH, David B. 1995. Innovation and Industry Evolution. Cambridge: The MIT Press.

AYER, Jean-Marie 1990. Progrès technique et science économique. L'apport d'une approche régionale. Fribourg: Institut des sciences économiques et sociales de l'université de Fribourg, Suisse.

AYRES, Clarence E. 1943. The Theory of Economic Progress. Chapel Hill: The University of North Carolina Press.

BABBAGE, Charles 1835. On the Economy of Machinery and Manufactures, 4th edition. London: Charles Knight. (Reprint 1986 by Augustus M. Kelley Publishers)

BAILEY, Mary Timney. 1992. "Do Physicists Use Case Studies? Thoughts on Public Administration Research". Public Administration Review 52 (1), p. 47-54.

BAIROCH, Paul. 1985. De Jéricho à Mexico. Villes et économie dans l'histoire. Paris: Gallimard.

BARIL, Daniel. 1996. "Chaire en plasma à Polytechnique. Les applications vont des voitures aux satellites en passant par les contenants alimentaires". Forum 31 (9), p. 1-2.

BARNEY, Jay B. 1998. Competence Explanations of Economic Profits: Some Policy Implications. Paper presented at the Mercator Center Conference on Dynamic Competition and Antitrust, December 16-17, Washington, D.C.

BARNEY, Jay B. and William G. Ouchi (eds.). 1990 [1986]. Organizational Economics. Toward a New Paradigm for Understanding and Studying Organizations. San Francisco: Jossey-Bass Inc., Publishers.

BASALLA, George. 1988. The Evolution of Technology. Cambridge: Cambridge University Press.

BECKER, Randy A. 1999. The Nature of Agglomeration Economies. Paper presented at the 46th North American Meeting of the Regional Science Association International, Montreal, Canada, November 14 1999.

BEESON, Patricia E. 1992. "Agglomeration Economies and Productivity Growth". In Mills, Edwin S. and John F. McDonald (eds). Sources of Metropolitan Growth. New Brunswick: Center for Urban Policy Research, p. 19-38.

BÉLANGER, Denis, Bernard P. Gauthier et Alain Lapointe, 1997. La croissance au sein des villes canadiennes. Cahier du CENTOR (Centre d'études sur les nouvelles technologies et les organisations), École des Hautes Études Commerciales, 97-02.

BENCHETRIT, Caroline Grace. 1994. Collapsing the Black Box on Technology Partnerships: Dimensionalizing Know-how and the Process of Diffusion, McGill University: Joint Doctoral Program in Administration (Thesis proposal).

BENOIT, Jacques. 1994. "Après le vélo, l'auto". La Presse (Montréal), 17 septembre, p. C1.

BENYUS, Janine M. 1997. Biomimicry. Innovation Inspired by Nature. New York: William Morrow and Company, Inc.

BHIDÉ, Amar. 1999. The Origin and Evolution of New Businesses. New York: Oxford University Press.

BIANCHI, Henri. 1974. L'innovation et ses contraintes. 11 études de cas. Paris: Éditions Eyrolles.

BIENAYMÉ, Alain. 1994. L'économie des innovations technologiques. Paris: Presses Universitaires de France (Que Sais-Je? #2887).

BIJKER, Wiebe E., Thomas P. Hughes and Trevor Pinch (eds). 1987. The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology. Cambridge: The MIT Press.

BIJKER, Wiebe E. and John Law (eds). 1992. Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change. Cambridge: The MIT Press.

BOETTKE, Peter J (ed). 1994. The Elgar Companion to Austrian Economics. Brookfield: Edward Elgar.

BONIN, Bernard et Claude Desranleau. 1988. Innovation industrielle et analyse économique. Chicoutimi: Gaëtan Morin éditeur.

BOSTIC, Raphael W., Joshua S. Gans et Scott Stern. 1997. "Urban Productivity and Factor Growth in the Late 19th Century". Journal of Urban Economics 41, p. 38-55.

BOYER, Hélène. 1993. "Attention: équipes au travail". PME 9 (6), p. 30-1.

BRAMANTI, Alberto. 1992. "The Spread of Cooperative Attitudes among Small Firms with Different Territorial Backgrounds: The Case of Northern Italy". Revue canadienne des sciences régionales 15 (2), p. 289-306.

BRANNIGAN, Augustine. 1981. The Social Basis of Scientific Discoveries, Cambridge: Cambridge University Press.

BRAUDEL, Fernand 1979. Civilisation matérielle, économie et capitalisme XVe-XVIIIe siècles. Tome 1: "Les structures du quotidien : le possible et l'impossible". Paris: Collin.

BRITTON, John N. H. 1996. "High-Tech Canada". In John N. H. Britton (ed.). Canada and the Global Economy: The Geography of Structural and Technological Change. Montreal and Kingston: McGill-Queen's University Press, p. 255-272.

BROWN, Kenneth A. 1988. Inventors at Work. Interviews with 16 Notable American Inventors. Redmond: Tempus Books of Microsoft Press.

BUNCH, Bryan and Alexander Hellemans (eds). 1993. The Timetables of Technology. A Chronology of the Most Important People and Events in the History of Technology. New York: Simon & Schuster.

BURNS, T. and G. M. Stalker. 1961. The Management of Innovation. London: Tavistock Publications.

BUSINESS Council for Sustainable Development - Gulf of Mexico. 1997. By-Product Synergy: A Strategy for Sustainable Development. A Primer. Austin: Business Council for Sustainable Development - Gulf of Mexico.

CAIRNCROSS, Frances. 1997. The Death of Distance. How the Communications Revolution Will Change Our Lives. New York: McGraw-Hill.

CALLON, Michel, Jean-Pierre Courtial et Hervé Penan. 1993. La scientométrie. Paris: Presses Universitaires de France (Que sais-je? #2727).

CARLSON, W. Bernard. 1991. Innovation as a Social Process. Elihu Thomson and the Rise of General Electric, 1870-1900. Cambridge: Cambridge University Press.

CARLSON, W. Bernard and Michael E. Gorman. 1992. "A Cognitive Framework to Understand Technological Creativity: Bell, Edison, and the Telephone". In Robert J.

Weber and David N. Perkins (eds). Inventive Minds. Creativity in Technology. New York: Oxford University Press, p. 48-79.

CARRIÈRE, Jean-Bernard. 1992. "Un modèle stratégique de la technologie pour l'innovation dans l'entreprise". Technologies de l'information et société 4 (1), p. 37-59.

CHALMERS, Alan F. 1987 [1976]. Qu'est-ce que la science? Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend. Paris: La Découverte.

CHAPMAN, Keith and David Walker. 1987. Industrial Location. Principles and Policies. New York: Basil Blackwell.

CHINITZ, Benjamin. 1961. "Contrasts in Agglomeration: New York and Pittsburgh". American Economic Review 51, p. 279-89.

CLAVAL, Paul. 1989. "L'avenir de la métropolisation". Annales de Géographie 550, p. 692-706.

CLAVEL, Guy. 1997. "Le transistor, "cellule nerveuse" du monde moderne, a 50 ans", La Presse (Montréal), 21 décembre, p. C11.

COASE, Ronald. 1988. The Firm, the Market, and the Law. Chicago: The University of Chicago Press.

COE, Neil M. and Alan R. Townsend. 1998. "Debunking the Myth of Localized Agglomerations: The Development of a Regionalized Service Economy in South-East England". Transactions of the Institute of British Geographers, NS 23 (3), p. 385-404.

COFFEY, William and Richard Shearmur. 1996. Employment Growth and Change in the Canadian Urban System, 1971-94. Working Paper No. W2. Ottawa: Canadian Policy Research Network.

COFFEY, William and Richard Shearmur. 1997. "The Growth and Location of High Order Services in the Canadian Urban System, 1971-1991". The Professional Geographer 49 (4), p. 404-18.

COFFEY, William and Richard Shearmur. 1998. "Factors and Correlates of Employment Growth in the Canadian Urban System, 1971-1991". Growth and Change 29 (Winter), p. 44-66.

COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU PLAN. 1985. L'application des biotechnologies dans l'industrie chimique. Paris: La Documentation Française.

COOPER, Carolyn C. 1991. "Making Invention Patents". Technology and Culture 32 (4), p. 837-45.

COOPER, Ronald S. and Stephen A. Merrill (eds). 1997. Industrial Research and Innovation Indicators: Report of a Workshop. Washington: National Academy Press.

CORNISH, Susan L. 1997. "Product Innovation and the Spatial Dynamics of Market Intelligence: Does Proximity to Markets Matter?" Economic Geography 73 (2), p. 143-65.

COUSINEAU, Sophie. 1996. "Logiciels Made in Québec". Commerce, Mars, p. 18-24.

CREVOISIER, Olivier. 1993. Industrie et région: Les milieux innovateurs de l'Arc jurassien. Neuchâtel: EDS

CRYSDALE, John S. 1989. La classification par industrie dans le recensement canadien des manufactures: Vérification automatisée à l'aide des données sur les produits. Ottawa: Statistique Canada.

CUTCLIFFE, Stephen H. and Terry S. Reynolds (eds). 1997. Technology and American History. Chicago: The University of Chicago Press.

CYR, Diane. 1997. "How to Solve Almost Anything". US Airway Attaché, November, p. 46-48.

DASGUPTA, Subrata (1996). Technology and Creativity. New York: Oxford University Press.

DAVID, Paul A. 1993. "Knowledge, Property and the System Dynamics of Technological Change". Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics 1992. Washington (D.C.): The World Bank.

De BRESSON, Christian. 1990. "L'analyse inter-industrielle et le changement technologique". Revue d'économie politique 100 (6), p. 833-69.

De BRESSON, Christian. 1996. Economic Interdependence and Innovative Activity. An Input-Output Analysis. Brookfield: Edward Elgar.

DeGREGORI, Thomas R. 1985. A Theory of Technology. Ames: Iowa State University Press.

De la Cal, Martha, Peter Hawthorne, Edward Owen and Simon Robinson. 1999. "Up from the Apes. Remarkable New Evidence is Filling In the Story of How We Became Human". Time 154 (8), p. 50-58.

DESAI, Ashok. 1993. "Comment on Knowledge, Property, and the System Dynamics of Technological Change," by David". Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics 1992. Washington (D.C.): The World Bank.

DESROCHERS, Pierre. 1998. "On the Abuse of Patents as Economic Indicators". Quarterly Journal of Austrian Economics 1 (4), p. 51-74.

DeTARDE, Gabriel. 1890. Les lois de l'imitation. Paris: F. Alcan. (Réimpression 1993 par Éditions Kimé).

DEVAS, Charles. 1901. Political Economy. London: Longmans, Green, and Co.

DICKEN, Peter and Peter E. Lloyd. 1990. Location in Space. Theoretical Perspectives in Economic Geography. New York: HarperCollins Publishers.

DUBÉ, Denis. 1993. "Course folle à Tokyo". PME 9 (6), p. 23-30.

DUMAIS, Guy, Glen Ellison and Edward L. Glaeser. 1997. "Geographic Concentration as a Dynamic Process". NBER Working Paper # 6270. Cambridge: National Bureau of Economic Research.

DUPAUL, Richard. 1994. "Purkinje: le prochain Softimage?". La Presse (Montréal), 13 septembre, p. C5.

ECPC. ECONOMIC CLASSIFICATION POLICY COMMITTEE. 1993a. "Conceptual Issues". Issues Paper No. 1, Washington (D.C.): Bureau of Economic Analysis, U.S. Department of Commerce.

ECPC. ECONOMIC CLASSIFICATION POLICY COMMITTEE. 1993b. "Aggregation Structures and Hierarchies". Issues Paper No. 2, Washington (D.C.): Bureau of Economic Analysis, U.S. Department of Commerce.

ECPC. ECONOMIC CLASSIFICATION POLICY COMMITTEE. 1993c. "Summary of Public Comments to ECPC Issues Papers Nos. 1 and 2", Washington (D.C.): Bureau of Economic Analysis, U.S. Department of Commerce.

ECPC. ECONOMIC CLASSIFICATION POLICY COMMITTEE. 1993d. "Criteria for Determining Industries". Issues Paper No. 4, Washington (D.C.): Bureau of Economic Analysis, U.S. Department of Commerce.

ECPC. ECONOMIC CLASSIFICATION POLICY COMMITTEE. 1994a. "Economic Concepts Incorporated in the Standard Industrial Classification Industries of the United States". Report No. 1, Washington (D.C.): Bureau of Economic Analysis, U.S. Department of Commerce.

ECPC. ECONOMIC CLASSIFICATION POLICY COMMITTEE. 1994b. "Services Classifications". Issues Paper No. 6, Washington (D.C.): Bureau of Economic Analysis, U.S. Department of Commerce.

ENOS, John. 1962. "Invention and Innovation in the Petroleum Refining Industry". In Richard R. Nelson (ed.). The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton: Princeton University Press, p. 299-321.

FELDMAN, Maryann P. and David B. Audretsch. 1999. "Innovation in Cities: Science-based Diversity, Specialization and Localized Competition". European Economic Review 43, p. 409-29.

FERGUSON, Eugene S. 1977. "The Mind's Eye: Nonverbal Thought in Technology". Science 197 (4306), p. 827-36.

FERGUSON, Eugene S. 1992. Engineering and the Mind's Eye, Cambridge: The MIT Press.

FISCHER, André. 1994. Industrie et espace géographique. Paris: Masson.

FLICHY, Patrice. 1995. L'innovation technique. Récents développement en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation. Paris: La Découverte.

FLORIDA, Richard and Martin Kenney. 1988. "Silicon Valley and Route 128 Won't Save Us". California Management Review Fall, p. 68-88.

FLOWERS, John H. and Calvin P. Garbin. 1989. "Creativity and Perception". In John A. Glover, Royce R. Ronning and Cecil R. Reynolds (eds). Handbook of Creativity. New York: Plenum Press, p. 147-62.

FORES, Michael. 1979a. "The Myth of Technology and Industrial Science". Discussion Paper 79-49. Berlin: International Institute of Management.

FORES, Michael. 1979b. "The History of Technology: An Alternative View". Technology and Culture 20 (4), p. 853-60.

FORES, Michael. 1980. "Scientists on Technology: Magic and English-Language "Industriespeak"". In Devendra Sahal (ed). Research, Development, and Technological Innovation. Lexington: Lexington Books, p. 239-50.

FORES, Michael. 1981. "The Myth of a British Industrial Revolution". History 66 (2), p. 181-98.

FORES, Michael. 1982. "Francis Bacon and the Myth of Industrial Science". History of Technology 7, p. 57-75.

FREEMAN, Christopher. 1988. "Diffusion, The Spread of New Technology to Firms, Sectors, and Nations". In Arnold Heertje (ed.). Innovation, Technology, and Finance. New York: Basil Blackwell, p. 38-70.

FREEMAN, Christopher. 1994. "Changement technologique et économie mondiale". Futuribles 186, Avril, p. 25-48.

FROSCH, Robert A. 1995. "The Industrial Ecology of the 21st Century". Scientific American 273 (3): 178-181.

GAFFARD, Jean-Luc. 1989. "Marché et organisation dans les stratégies technologiques des firmes industrielles". Problèmes économiques 2149, p. 17-25.

GALUNIC, Charles and Simon Rodan. 1997. "Resource Recombination in the Firm: Knowledge Structures and the Potential for Schumpeterian Innovation". INSEAD Working Paper #97/89/OB/SM. Paris: INSEAD.

GALVIN, Robert. 1996. "Communication: The Lever of Effectiveness and Productivity". Daedalus 125 (2), p. 137-46.

GEROSKI, P.A. 1990. "Innovation and the Sectoral Sources of UK Productivity Growth". The Economic Journal 101 (409), p. 1418-51.

GERTLER, Meric S. 1992. "Implementing Advanced Manufacturing Technologies in Mature Industrial Regions: Towards a Social Model of Technology Production". Regional Studies 27 (7), p. 665-80.

GERTLER, Meric S. 1995a. ""Being There": Proximity, Organization, and Culture in the Development and Adoption of Advanced Manufacturing Technologies". Economic Geography 71 (1), p. 1-26.

GERTLER, Nicholas. 1995b. Industrial Ecosystems: Developing Sustainable Industrial Structures. M. Sc. Thesis (Science and Technology Policy), Massachusetts Institute of Technology.

GIRAUD, M. 1987. Le temps des métropoles. Paris: Éditions Carrère-E. Simon.

GLAESER, Edward, Heidi Kallal, Jose Scheinkman and Andrei Shleifer. 1992. "Growth in Cities". Journal of Political Economy 100 (6), p. 1126-52.

GLAESER, Edward. 1998. "Are Cities Dying?". Journal of Economic Perspectives 12 (2), p. 139-60.

GLAESER, Edward. 1999. "The New Economics of Urban and Regional Growth". À paraître dans le Oxford Handbook of Economic Geography, Oxford University Press.

GOFFI, Jean-Yves. 1988. La philosophie de la technique. Paris: Presses Universitaires de France.

GOLD, Bela, William S. Pierce and Gerhard Rosseger (1970). "Diffusion of Major Technological Innovations in U.S. Iron and Steel". Journal of Industrial Economics 18 (3), p. 218-241.

GORDON, Richard. 1990. "Systèmes de production, réseaux industriels et régions: les transformations dans l'organisation social et spatiale de l'innovation". Revue d'économie industrielle 51, p. 304-39.

GORDON, Richard. 1993. Collaborative Linkages, Transnational Networks and New Structures of Innovation in Silicon Valley's High Technology Industry. Reports prepared for the Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale (DATAR). Paris: DATAR.

GORMAN, Michael E. and W. Bernard Carlson. 1990. "Interpreting Invention as a Cognitive Process: The Case of Alexander Graham Bell, Thomas Edison, and the Telephone". Science, Technology, & Human Values 15 (2), p. 131-64.

GRANT, Jill. 1997. "Planning and Designing Industrial Landscapes for Eco-Efficiency". Journal of Cleaner Production 5 (1/2), p. 75-78.

GRILICHES, Zvi. 1957. "Hybrid Corn: An exploration in the Economics of Technical Change". Econometrica 25, p. 501-22.

GRILICHES, Zvi. 1990. "Patent Statistics as Economic Indicator: A Survey". Journal of Economic Literature 28 (12), p. 1661-707.

GRILICHES, Zvi. 1991. "The Search for R-D Spillovers". Working Paper no. 3768. Cambridge: National Bureau of Economic Research.

GUILHON, Bernard. 1993. Les dimensions actuelles du phénomène technologique. Paris: Éditions L'Harmattan.

HADAMARD, Jacques. 1945. Essai sur la psychologie de l'invention en mathématiques. Paris: Gauthier-Villars.

HAIG, Robert Murray. 1926. "Toward an Understanding of the Metropolis". The Quarterly Journal of Economics 40 (1), p. 179-208, p. 402-34.

HALL, Peter 1990. "The Generation of Innovative Milieux : An Essay in Theoretical Synthesis". Working Paper 505. University of California at Berkeley: Institute of Urban & Regional Development.

HANEL, Petr. 1994. "Interindustry Flows of Technology: An Analysis of the Canadian Patent Matrix and Input-output Matrix for 1978-1989". Technovation 14 (8), p. 529-47.

HANSEN, Niles. 1992. "Competition, Trust, and Reciprocity in the Development of Innovative Regional Milieu". Papers in Regional Science 71 (2), p. 95-105.

HANSEN, Niles. 1995. "Regional Science, Regional Policy, and the "New" Regional Economics: Future Possibilities in Historical Perspective". International Regional Science Review 17 (3), p. 337-42.

HANSEN, Niles. 1996. "Regional Development Policies: Past Problems and Future Possibilities". Canadian Journal of Regional Science 19 (1), p. 107-18.

HARRINGTON, James W. Jr. 1998. Globalization, Information, and Regional Development Policy. Paper presented at the Pacific Northwest Regional Economic Conference, Olympia, 7-9 May, 1998. (<http://weber.u.washington.edu/~jwh/olympia.htm>).

HARRISON, Bennett. 1992. "Industrial Districts : Old Wine in New Bottles?", Regional Studies 26 (5), p. 469-83.

HARRISON, Bennett, Maryellen R. Kelley and Jon Gant. 1996a. "Innovative Firm Behavior and Local Milieu: Exploring the Intersection of Agglomeration, Firm Effects, and Technological Change". Economic Geography 72 (3), p. 233-58.

HARRISON, Bennett, Maryellen R. Kelley and Jon Gant. 1996b. "Specialization Versus Diversity in Local Economies: The Implication for Innovative Private Sector Behavior". Cityscape: A Journal of Policy Development and Research 2 (2), p. 61-93.

HATSOPOULOS, George N. 1996. "A Perpetual Idea Machine". Daedalus 125 (2), p. 81-94.

HAYEK, Friedrich August. 1991 [1945]. "The Use of Knowledge in Society". In Ebeling, Richard M. (ed.). Austrian Economics. A Reader. Hillsdale: Hillsdale College Press, p. 247-65.

HENDERSON, J. Vernon. 1997. "Externalities and Industrial Development". Journal of Urban Economics 42, p. 449-70.

HENDERSON, J. Vernon, Ari Kuncoro and Matt Turner. 1995. "Industrial Development in Cities". Journal of Political Economy 103 (5), p. 1067-90.

HENDRICKX, Céline. 1995. Transferts de technologie inter-firmes: Un renouvellement par l'analyse de la diffusion et de la création de technologie. Thèse pour le doctorat ès Sciences Économiques. Université de Nice Sophia-Antipolis.

HÉRAULT, Daniel. 1997. "L'estampage hydraulique gagne du terrain. Une technique récente s'impose de plus en plus dans la fabrication en sous-traitance de certaines pièces". Le Devoir (Montréal), 12 août, p. B3.

HICHAM, Amal. 1996. L'innovation dans les nouveaux matériaux. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en administration des affaires. Montréal: Université du Québec à Montréal.

HILLIER, James. 1992. "Electron Microscopy and Microprobe Analysis: Recalling the Ambience of Some Inventions". In Robert J. Weber and David N. Perkins (eds). Inventive Minds. Creativity in Technology. New York: Oxford University Press, p. 97-114.

HIRSHLEIFER, Jack. 1977. "Economics from a Biological Viewpoint". Journal of Law and Economics 20 (1), p. 1-52. Reprint in Jay Barney and William G. Ouchi. 1990. Organizational Economics. Toward a New Paradigm for Understanding and Studying Organizations. San Francisco: Joey-Bass Inc, Publishers, p. 319-371.

HIRST, Paul and Jonathan Zeitlin. 1991. "Flexible Specialization versus Post-Fordism: Theory, Evidence and Policy Implications". Economy and Society 20 (1), p. 1-56.

HITE, James. 1995. "We are not Rats: Seeking a Regional Version of Austrian Economics". International Regional Science Review 18 (2), p. 177-83.

HIVELY, Will. 1998. "The Incredible Shrinking Finger Factory". Discover 19 (3), p. 84-93.

HOHENBERG, Paul M. et Lynn Hollen Lees 1992. La formation de l'Europe urbaine 1000-1950. Paris: Presses universitaires de France.

HOKE, Donald R. 1990. Ingenious Yankees: The Rise of the American System of Manufactures in the Private Sector. New York: Columbia University Press.

HOLCOMBE, Randall G. 1998. "Entrepreneurship and Economic Growth". The Quarterly Journal of Austrian Economics 1 (2), p. 45-62.

HOLLAND, John H., Keith J. Holyoak, Richard E. Nisbett and Paul R. Thagard. 1993 [1986]. Induction. Processes of Inference, Learning, and Discovery. Cambridge: The MIT Press.

HOLT, Knut. 1982. "Creative Problem Solving". In Gavriel Salvendy (ed.). Handbook of Industrial Engineering. New York: John Wiley & Sons, p. 1.6.1-13.

HOLTON, Gerald. 1996. "On the Art of Scientific Imagination". Daedalus 125 (2), p. 183-208.

HOOVER, Edgar M. and Frank Giarratani. 1984. An Introduction to Regional Economics. New York: Alfred A. Knopf.

HOUNSHELL, David. 1991 [1984]. From the American System to Mass Production, 1800-1932. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

HUDSON, Brunel. 1978. "Making Things: A Psychologist View". In Michael Fores and Ian Glover (eds). Manufacturing and Management. London: Her Majesty's Stationery Service.

JACKSON, Randall W. 1984. "An Evaluation of Alternative Measures of Regional Industrial Diversification". Regional Studies 18 (2), p. 103-12.

JACOBS, Jane. 1970 [1969]. The Economy of Cities. New York: Random House.

JACOBS, Jane. 1991 [1961]. Déclin et survie des grandes villes américaines. Liège: Pierre Mardaga.

JACOBS, Jane. 1992 [1984]. Les villes et la richesse des nations. Montréal: Boréal.

JACOBS, Jane. 1992b. Systems of Survival. A Dialogue on the Moral Foundations of Commerce and Politics. New York: Random House.

JASANOFF, Sheila, Gerald E. Markle, James C. Petersen and Trevor Pinch (eds.). 1995. Handbook of Science and Technology Studies. Thousand Oaks: Sage Publications.

JEWKES, John, David Sawers and Richard Stillerman. 1969 [1958]. The Sources of Invention, 2nd edition. London: MacMillan.

JOYAL, André. 1996. "Milieu innovateur, développement local et PME québécoises innovantes". In Robert Beaudoin et al. Stratégies et croissance des PME. (Actes du 3ième colloque francophone sur les PME). Trois-Rivières: Presses de l'Université du Québec.

JULIEN, Pierre-André. 1993. "Small Business as a Research Subject: Some Reflections in Knowledge of Small Businesses and Its Effects on Economic Theory". Small Business Economics 5, p. 157-66.

JULIEN, Pierre-André, J.-B. Carrière, L. Raymond and R. Lachance. 1994. "La gestion du changement technologique dans la PME manufacturière au Québec: une analyse de cas multiples". Cahiers de recherche 94-06. Université du Québec à Trois-Rivières: GREPME.

KAISERGRUBER, D. 1992. "Frontière de l'emploi, frontières de l'entreprise". Futuribles 194, p. 3-20.

KEALEY, Terence. 1996. The Economic Laws of Scientific Research. New York: St. Martin's Press.

KELLEY, Maryellen and Todd A. Watkins. 1995. "The Myth of the Specialized Military Contractor". Technology Review 98 (3), p. 52-8.

KHAN, B. Zorina and Kenneth L. Sokoloff. 1992. "Schemes of Practical Utility: Entrepreneurship and Innovation among "Great Inventors" in the United States, 1790-1865". NBER Working Paper Series on Historical Factors in Long Run Growth. Historical Paper No. 42. Cambridge: National Bureau of Economic Research.

KLEMM, Frédéric. 1966. Histoire des techniques, Paris: Payot.

KLINE, Stephen J. and Nathan Rosenberg. 1986. "An Overview of Innovation." In Ralph Landau and Nathan Rosenberg (eds). The Positive Sum Strategy, Washington (D.C.): National Academy Press.

KODAMA, Fumio. 1992. "Technology Fusion and the New R&D". Harvard Business Review 70 (3), p. 70-78.

KOESTLER, Arthur. 1969 [1964]. The Act of Creation. London: Hutchinson of London.

KRUGMAN, Paul. 1991. Geography and Trade. Cambridge: The MIT Press.

KUNZIG, Robert. "A Tale of Two Archeologists". Discover 20 (5), p. 84-92.

LACOUDE, Philippe. "Une critique des théories de la croissance endogène". Journal des économistes et des études humaines 6 (4), p. 581-619.

LAMPEL, Joseph et Henry Mintzberg. 1997. "La querelle du standard et du sur-mesure". L'expansion management review 84, p. 37-44.

LANDAU, Ralph. 1996. "Entrepreneurs, Managers, and the Importance of Finance". Daedalus 125 (2), p. 19-38.

LANGLOIS, Richard. 1992. "The Capabilities of Industrial Capitalism". Critical Review 5 (4), p. 513-530.

LANGLOIS, Richard. 1997. Scale, Scope, and the Reuse of Knowledge. Paper prepared for the conference in honor of Brian J. Loasby, Stirling, Scotland, August 26-28.

LANGLOIS, Richard N. and Nicolai J. Foss. 1999. "Capabilities and Governance: The Rebirth of Production in the Theory of Economic Organization". Kyklos 52 (2), p. 201-18.

LANGRISH, J., M. Gibbons, W. G. Evans and F. R. Jevons. 1972. Wealth from Knowledge. Studies of Innovation in Industry. London: The MacMillan Press Ltd.

LA ROCCA, Aldo. 1982. "Laser Applications in Manufacturing". Scientific American 246 (3), p. 94-103.

LARSENS, Judith K. et Everett M. Rogers. 1985 [1984]. La fièvre de Silicon Valley. Paris: Londreys

LAURENS, Jean-Paul. 1990. Innovation technologique et création artistique en Midi-Pyrénées. Toulouse: Université de Toulouse - Le Mirail, Groupe de recherches socio-économiques.

LAURENT, Alain. 1994. "L'individualisme méthodologique". Paris: Presses Universitaires de France (Que Sais-Je? #2906).

LE BAS, Christian et André Torre. 1993. "Survey sur les surveys d'innovation. Une première évaluation des enquêtes d'innovation européennes". Revue d'économie industrielle 65, p. 80-95.

LEMIEUX, André. 1998. Mutations structurelles de l'environnement économique et développement régional au Québec. Thèse d'études urbaines. Montréal: Université du Québec à Montréal.

LEVINTHAL, Daniel A. 1998. "The Slow Pace of Technological Change: Gradualism and Punctuation in Technological Change". Industrial and Corporate Change 7 (2), p. 217-247.

LITTLECHILD, Stephen C. 1986 [1978]. The Fallacy of the Mixed Economy. An "Austrian" Critique of Recent Economic Thinking and Policy. London: Institute for Economic Affairs.

LUCAS, Robert E. 1988. "On the Mechanics of Economic Development", Journal of Monetary Economics 22, p. 2-42.

LUNDVALL, B.A. 1988. "Innovation as an Interactive Process: from User-producer Interaction to the National System of Innovation". In Giovanni Dosi et al. (eds). Technical Change and Economic Theory. London and New York : Pinter Publishers.

MacDONALD, Stuart. 1992. "Formal Collaboration and Informal Information Flow". International Journal of Technology Management 7 (1/2/3), p. 49-60.

MACHLUP, Fritz. 1962. "The Supply of Inventors and Inventions". In Richard R. Nelson (ed). The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton: Princeton University Press and NBER.

MacLEOD, Christine. 1992. "Strategies for Innovation: The Diffusion of New Technology in Nineteenth-Century British Industry". Economic History Review 45 (2), p. 285-307.

MackENZIE, Donald D. and Graham Spinardi. 1995. "Tacit Knowledge, Weapons Design, and the Uninvention of Nuclear Weapons". American Journal of Sociology 101 (1), p. 44-99.

MALECKI, Edward J. 1983. "Technology and Regional Development: A Survey". International Regional Science Review 8 (2), p. 89-125.

MALECKI, Edward J. 1997. Thinking about Networks: Formal, Informal, Active and Passive. Paper presented at the 1997 North American Regional Science Association Meeting, Buffalo (New York).

MALECKI, Edward J. 1999. Technological Trajectories in Space: From "National" and "Regional" to "Spatial" Innovation System. Paper presented for the 1999 North American Meetings of the Regional Science Association International, Montréal, Canada, November 13.

MALMBERG, Anders. 1996. "Industrial Geography: Agglomeration and Local Milieu". Progress in Human Geography 20 (3), p. 392-403.

MALMBERG, Anders. 1997. "Industrial Geography: Location and Learning." Progress in Human Geography 21 (4), p. 573-82.

MANN, Charles C. 1998. "Who Will Own Your Next Good Idea?". The Atlantic Monthly 282 (3), p. 57-82.

MANSFIELD, Edwin. 1961. "Technical Change and the Rate of Imitation". Econometrica 29, p. 741-66.

MANSFIELD, Edwin. 1987a [1984]. "R-D and Innovation: Some Empirical Findings". In Zvi Griliches (ed.). R-D, Patents and Productivity. Chicago: The University of Chicago Press and NBER, p. 127-48.

MANSFIELD, Edwin. 1987b [1984]. "Comment on *Using Linked Patent and R-D Data to Measure Interindustry Technology Flows* by F. M. Scherer". In Zvi Griliches (ed.). R-D, Patents and Productivity. Chicago: The University of Chicago Press, p. 461-64.

MARSHALL, Alfred. 1971 [1909]. Principes d'économie politique. Paris: Gordon & Breach.

MARSHALL, Alfred. 1923. Industry and Trade. London: MacMillan and Co.

MARTIN, Ron and Peter Sunley. 1998. "Slow Convergence? The New Endogenous Growth Theory and Regional Development". Economic Geography 74 (3), p. 201-27.

McKIE, James W. 1965. Industry Classification and Sector Measures of Industrial Production. Bureau of the Census Working Paper No. 20, Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce.

McKINSEY. 1999. McKinsey Press Summary, 1998-99 Special Edition. New York: McKinsey & Company.

McNEIL, Ian. 1996 [1990]. "Introduction: Basic Tools, Devices and Mechanisms". In Ian McNeil (ed.). An Encyclopaedia of the History of Technology. London: Routledge.

MEDAWAR, Peter B. 1990. The Threat and the Glory: Reflections on Science and Scientists. Oxford: Oxford University Press.

MELLAART, James. 1967. Çatal Hüyük. A Neolithic Town in Anatolia. New York: McGraw-Hill.

MIALET, Hélène. 1994. Le sujet de l'invention. Étude empirique de la conception d'une idée neuve: comparaison des méthodes philosophiques et sociologiques. Thèse de doctorat de philosophie. Sorbonne Paris 1.

MILLER, Roger and Marcel Côté 1987. Growing the Next Silicon Valley. A Guide for Successful Regional Planning. Lexington: Lexington Books.

MILLER, Arthur I. 1995. "Aesthetics, Representations and Creativity in Art and Science". Leonardo 28 (3), p. 185-92.

MILLS, Edwin S. 1992. "Sectoral Clustering and Metropolitan Development". In Edwin S. Mills and John F. McDonald (eds). Sources of Metropolitan Growth. New Brunswick: Center for Urban Policy Research, p. 3-18.

MIRACKY, W. 1994. Technological Spillovers, the Product Cycle and Regional Growth. Ph.D. dissertation (Economics), Massachusetts Institute of Technology.

MIROWSKI, Philip. 1988. Against Mechanism. Protecting Economics from Science. Totowa: Rowman and Littlefield.

MOHNEN, Pierre. 1994. "The Econometric Approach to R-D Externalities". Cahiers de recherche du département des sciences économiques de l'UQAM no. 9408. UQAM: Cahiers de recherche du département des sciences économiques de l'UQAM.

MOKYR, JOEL. 1990. The Lever of Riches. Technological Creativity and Economic Progress. New York: Oxford University Press.

MOLELLA, Arthur P. 1989. "The First Generation: Usher, Mumford, and Giedion". In Stephen H. Cutcliffe and Robert C. Post. In Context. History and the History of Technology. Essays in Honor of Melvin Kranzberg. Bethlehem: Lehigh University Press, p. 88-105.

MOOMAW, Ronald L. 1998. "Agglomeration Economies: Are they Exaggerated by Industrial Aggregation?". Regional Science and Urban Economics 28, p. 199-211.

MOORE, Gordon. 1996. "Intel - Memories and the Microprocessor". Daedalus 125 (2), p. 55-80.

MURDOCH, J. 1995. "Actor-Networks and the Evolution of Economic Forms: Combining Description and Explanation in Theories of Regulation, Flexible Specialization, and Networks". Environment and Planning A 27, p. 731-57.

NADIRI, M. Ishaq. 1993. "Innovations and Technological Spillovers". Research Report #93-31. New York University: C.V. Starr Center for Applied Economics.

NADLER, Gerald. 1982. "Improving the Effectiveness of Industrial Engineering Practice". In Gavriel Salvendy (ed.). Handbook of Industrial Engineering. New York: John Wiley & Sons, p. 1.3.1-17.

NASBETH, L. and G.F. Ray. 1974. The Diffusion of New Industrial Processes. Cambridge: Cambridge University Press.

NOHARA, Hiroatsu. 1990. "Apprentissage de la compétence mécatronique dans le secteur machine-outil japonais". Formation Emploi 31, p. 33-45.

NOTEBOOM, Bart. 1999. "Innovation, Learning and Industrial Organisation". Cambridge Journal of Economics 23: 127-150.

NOWLAN, David. 1997. "Jane Jacobs among the Economists". In Max Allen (ed.). Ideas that Matter. The Worlds of Jane Jacobs. Toronto: The Ginger Press, p. 111-13.

O'BRIEN, R. 1992. Global Financial Integration: The End of Geography. London: Royal Institute of International Affairs.

OCDE. 1980. La mesure des activités scientifiques et techniques (Manuel de Frascati). Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.

OCDE. 1993. Fusionner les technologies pour innover: Le cas de l'optoélectronique. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.

OCDE. 1996. Innovation, brevets et stratégies technologiques. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.

O'DRISCOLL, Gerald P. and Mario Rizzo. 1996 [1985]. The Economics of Time and Ignorance. New York: Routledge.

OPIC. OFFICE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE DU CANADA. 1994. Le guide des brevets. Ottawa: Ministère des Approvisionnements et services.

PAQUETTE, Daniel. 1995. Policier et inventeur. Paris: Cie Douze.

PARAYIL, Govidan 1991. "Technical Knowledge and Technological Change". Technology in Society 13, p. 289-304.

PAVITT, Keith. 1984. "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and Theory". Research Policy 13, p. 343-73.

PENROSE, Edith T. 1959. The Theory of the Growth of the Firm. Oxford: Basil Blackwell.

PETROSKI, Henry. 1992. The Evolution of Useful Things. New York: Alfred A. Knopf.

PETROSKI, Henry. 1995. Design Paradigms. Case Histories of Error and Judgment in Engineering. Cambridge: Cambridge University Press.

PETROSKI, Henry. 1996. Invention by Design. How Engineers Get from Thought to Thing. Cambridge: Harvard University Press.

PICHETTE, Jacques. 1996. "Les hauts et les bas du savoir" Le Devoir (Montréal). 14 décembre, p. C1.

PINARD, Guy. 1994. "Une entreprise voit le jour parce que son fondateur en avait assez du chômage cyclique". La Presse (Montréal), 22 octobre, p. K7.

PIORE, Michael J. and Charles F. Sabel 1984. The Second Industrial Divide. Possibilities for Prosperity. New York: Basic Books.

POISSANT, Charles-Albert et Christian Godefroy. 1985. Les dix hommes les plus riches du monde et les secrets de leur réussite. Montréal: Libre Expression.

POLANYI, Michael. 1964 [1958]. Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy. New York: Harper and Row.

POLÈSE, Mario. 1994. Économie urbaine et régionale. Paris : Economica.

POOLE, Marshall Scott and Andrew H. Van de Ven. 1989. "Toward a General Theory of Innovation Processes". In Andrew H. Van de Ven, Harold A. Angle and Marshall Scott Poole (eds.). Research on the Management of Innovation: The Minnesota Studies. New York: Harper & Row, p. 637-62.

PORTER, Michael E. 1990. The Competitive Advantage of Nations. New York: Free Press.

PORTER, Michael E. 1999. "Location, Clusters and Company Strategy". À paraître dans le Oxford Handbook of Economic Geography, Oxford University Press.

QUINTY, Marie. 1996. "Travailleurs autonomes: 5 conditions pour réussir". Affaires Plus 19 (1), p.11-21.

QUIGLEY, John M. 1998. "Urban Diversity and Economic Growth". Journal of Economic Perspectives 12 (2), p. 127-38.

RALLET, Alain. 1991. "Théorie de la polarisation et technopoles". Économies et sociétés 25 (8), p. 43-64.

RALLET, Alain. 1993. "Choix de proximité et processus d'innovation technologique". Revue d'Économie Régionale et Urbaine 3, p. 365-86.

RAY, Dixy Lee. 1990. Trashing the Planet. Washington: Regnery Gateway.

REES, John. 1992. "Regional Development and Policy under Turbulence". Progress in Human Geography 16 (2), p. 223-31.

REITER, Stanley 1992. "Knowledge, Discovery and Growth". Discussion Paper no. 1011, Northwestern University: The Center for Mathematical Studies in Economics and Management Science.

RENNER, George T. 1965 [1950]. "Principles and Laws of Economic Geography". In Fred E. Dohrs, Lawrence M. Sommers and Donald R. Petterson (eds). Outside Readings in Geography. New York: Thomas Y. Crowell Company, p. 506-14.

RICHARD, Jean-François, Claude Bonnet et Rodolphe Ghiglione (éds). 1990. Traité de psychologie cognitive 2. Le traitement de l'information symbolique. Paris: Dunod.

ROBSON, M., J. Townsend and Keith Pavitt. 1988. "Sectoral Patterns of Production and Use of Innovations in the UK: 1945-1983". Research Policy 17, p. 1-14.

ROSEGGER, Gerhard. 1986. The Economics of Production and Innovation. An Industrial Perspective, 2nd edition. Oxford: Pergamon Press.

ROSENBERG, Nathan. 1976. Perspectives on Technology. New York: Cambridge University Press.

ROSENBERG, Nathan. 1982. Inside the Black Box: Technology and Economics. New York: Cambridge University Press.

ROSENBERG, Nathan. 1986. "The Impact of Technological Innovation: A Historical View". In Ralph Landau and Nathan Rosenberg (eds.). The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth. Washington (D.C.): National Academy of Engineering.

ROSENBERG, Nathan. 1994. Exploring the Black Box: Technology, Economics, and History. New York: Cambridge University Press.

ROSENBERG, Nathan. 1996. "Uncertainty and Technological Change". In Jeffrey C. Fuhrer and Jane Sneddon Little (eds). Proceedings of the "Technology and Growth" Conference. Boston: Federal Reserve Bank of Boston, Conference Series No. 40.

ROTHBARD, Murray N. 1972 [1961]. America's Great Depression. Los Angeles: Nash Publishing.

ROTHBARD, Murray N. 1995. "The Present State of Austrian Economics". Journal des Économistes et des Études Humaines 6 (1), p. 43-89.

ROTHSCHILD, Michael. 1990. Bionomics. Economy as Ecosystem. New York: Henry Holt.

SAHAL, Devendra. 1981. Patterns of Technological Innovation. Reading: Addison-Wesley Publishing Company.

SAINT-JULIEN, Thérèse. 1992. "Diffusion spatiale". In Antoine Bailly, R. Ferras et Denise Pumain (éds.). Encyclopédie de géographie. Paris: Economica, p. 577-598.

SALVENDY, Gavriel (ed.). 1982. Handbook of Industrial Engineering. New York: John Wiley and Sons.

SALWYN, André. 1995. "Du choc des idées jaillissent les solutions". Le Devoir (Montréal), 24 mai, p. B4.

SAMUELSON, Robert J. 1988. "Innovation is Messy". Newsweek, June 13, p. 55.

SANTIAGO, Luis E. And José Lobo. 1999. Industrial Structure as a Determinant of Economic Growth in US Metropolitan Economies 1975-1995. Paper presented at the 46th North American Meeting of the Regional Science Association International, Montreal, Canada, November 13 1999.

- SASSEN, Saskia. 1991. The Global City. Princeton: Princeton University Press.
- SAXENIAN, AnnaLee. 1989. "Regional Networks and the Resurgence of Silicon Valley". Working Paper 508. University of California at Berkeley: Institute of Urban & Regional Development.
- SAXENIAN, AnnaLee. 1990. "The Origins and Dynamics of Production Networks in Silicon Valley". Working Paper 516. University of California at Berkeley: Institute of Urban & Regional Development.
- SAXENIAN, AnnaLee. 1994. Regional Advantage. Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128. Cambridge: Harvard University Press.
- SCARDIGLI, Vincent (ed.). 1993. L'Europe de la diversité. La dynamique des identités régionales. Paris: CNRS Éditions.
- SCHERER, Frederic M. 1982. "Inter-Industry Technology Flows in the United States". Research Policy 11, p. 227-45.
- SCHERER, Frederic M. 1987 [1984]. "Using Linked Patent and R&D Data to Measure Interindustry Flows". In Zvi Griliches (ed.). R&D, Patents, and Productivity. Chicago: The University of Chicago Press and NBER, p. 417-61.
- SCHMOOKLER, Jacob S. 1966. Invention and Economic Growth. Cambridge: Harvard University Press.
- SCHROEDER, Roger G., Andrew H. Van de Ven, Gary D. Scudder and Douglas Polley. 1989. "The Development of Innovation Ideas". In Andrew H. Van de Ven, Harold L. Angle and Marshall Scott Poole (eds). Research on the Management of Innovation: The Minnesota Studies. New York: Harper and Row Publishers, p. 107-34.
- SCHUMPETER, Joseph A. 1939. Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process. New York: MacGraw-Hill.

SCHWARTZ, Michael and Andrew Fisch. 1998. "Just-in-Time Inventories in Old Detroit". Business History 40 (3), p. 48-71.

SCOTT, Allen J. 1988. Metropolis. From the Division of Labor to Urban Form. Los Angeles: University of California Press.

SEGRELLES, Vincente et Antonio Cunillera. 1977. Découvertes et inventions. Paris: UNIDE.

SHANE, Scott. 1999. "Prior Knowledge and the Discovery of Entrepreneurial Opportunities". À paraître dans Organization Science.

SIC. (Executive Office of the President Office of Management and Budget). 1987. Standard Industrial Classification Manual. Washington (D.C.): Government Printing Office.

SIMON, Herbert. 1977. Models of Discovery. Dordrecht: D. Meidel Publishing Company.

SLAUGHTER, Sarah. 1993. "Innovation and Learning during Implementation: A Comparison of User and Manufacturer Innovations". Research Policy 22, p. 81-95.

SMILES, Samuel. 1863. Industrial Biography. Iron Workers and Tool Makers. London: John Murray. [Reprint 1967 by Augustus M. Kelley, Publishers].

SMITH, Cyril Stanley. 1982. A Search for Structure. Selected Essays on Art, Science and History. Cambridge: The MIT Press.

SMITH, Kevin. 1995. "Interactions in Knowledge Systems: Foundations, Policy Implications and Empirical Methods". STI Review 16: 69-102.

SOMMER, John W. 1989. "Unifying Themes in Non-Mainstream Economics: A Speculation". In Ali B. Cambel, Bruno Fritsch and Jürgen U. Keller (eds). Dissipative Strukturen in Integrierten Sytemen. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft, p. 133-44.

STARBUCK, William H. 1996. "Unlearning Ineffective or Obsolete Technologies". International Journal of Technology Management, Special Publication on Unlearning and Learning 11 (7/8), p. 725-37.

STAUDENMAIER, John M. 1985. Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric. Cambridge: The MIT Press.

STERNBERG, Robert J. and Peter A. Frensch (1993). "Mechanisms of Transfer". In Douglas K. Detterman and Robert J. Sternberg (eds.). Transfer on Trial. Norwood (NJ): Ablex Publishing Corporation, p. 25-38.

STORPER, Michael. 1995. "The Resurgence of Regional Economies, Ten Years Later: The Region as a Nexus of Untraded Interdependencies". European Urban and Regional Studies 2, p. 191-221.

STURT, George. 1923. The Wheelwright's Shop. Cambridge: Cambridge University Press [Reprint by Canto Edition, 1993].

SUAREZ-VILLA Luis and Manfred M. Fischer. 1995. "Technology, Organization, and Export-Driven Research and Development in Austria's Electronic Industry". Regional Studies 29 (1), p. 19-42.

TALBOT, Frederick. 1920. Millions from Waste. Philadelphia: J.B. Lippincott Company.

TAPLIN, John F. 1996. "The Education of an Inventor". Daedalus 125 (2), p. 1-17.

TARZWELL, Gordon. 1997. "Canadian City Unemployment Rates and the Impact of Economic Diversity". Canadian Journal of Regional Science 20 (3): p. 389-400.

TAYLOR, C.T. and Zachary. Aubrey Silberston. 1973. The Economic Impact of the Patent System. A Study of the British Experience. Cambridge: Cambridge University Press.

TEECE, David J., Richard Rumelt, Giovanni Dosi and Sidney Winter. 1994. "Understanding Corporate Coherence". Journal of Economic Behavior and Organization 23 (1), p. 1-30.

TELLIER, LUC-NORMAND. 1993. Économie spatiale. Rationalité économique de l'espace habité. Chicoutimi: Gaëtan Morin éditeur.

THOMSON, Ross. 1989. The Path to Mechanized Shoe Production in the United States. Chapel Hill and London: The University of North Carolina Press.

THOMSON, Ross. 1991. "Crossover Inventors and Technological Linkages: American Shoemaking and the Broader Economy, 1848-1901". Technology and Culture 32 (4), p. 1018-46

THOMSON, Wilbur R. 1965. A Preface to Urban Economics. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

TISON, Marie et Presse Canadienne. 1997. "Microcell et Vidéotron mettront leurs technologies en commun". Le Devoir (Montréal), 26 février, p. B5.

TORRE, André. 1990. "'Quand les économistes mesurent l'intangible" (Note sur la transmission du savoir-faire technologique aux secteurs industriels)". Revue d'économie industrielle 53, p. 87-97.

TÖTDLING, Franz. 1994. "Regional Networks of High-Technology Firms - the Case of the Greater Boston Region". Technovation 14 (5), p. 323-42.

TOUPIN, Louis. 1994. Savoir transférer ses connaissances dans l'action. Un modèle d'intervention pour la formation continue. Monographie adaptée d'une dissertation doctorale, Département des communications, Université de Montréal.

TRÉPANIÉ, Michel et Sophie-Hélène Bataïni. 1995. Évaluation des retombées socio-économiques et technologiques du Centre canadien de fusion magnétique (CCFM). Rapport synthèse. Montréal: INRS-Urbanisation.

TRÉPANIÉ, Michel, Yvon Martineau et Sophie-Hélène Bataïni. 1997. "À partir de quoi les PME innovent-elles?". Interfaces 18 (6), p. 45-6.

TURCOTTE, Claude. 1997. "Sur la ligne de départ pour la conquête du monde. Un stéthoscope électronique pourrait valoir 400 millions". Le Devoir (Montréal), 4 août, p. B2.

TYSON, Peter. 1995. "Deciphering the Dead Sea Scrolls". Technology Review 98 (3), p. 22-3.

USHER, Abbott Payson. 1966 [1929]. A History of Mechanical Inventions, 2nd edition. Cambridge: Harvard University Press.

UTTERBACK, James. M. 1979. "The Dynamics of Products and Process Innovation in Industry". In Utterback, James. M. and T.C. Hill (eds). Technological Innovation for a Dynamic Economy. New York: Pergamon, p. 40-65.

VAN DE VEN, Andrew H. 1990. "Findings on Innovation Development from the Minnesota Innovation Research Program". University of Minnesota (Carlson School of Management): The Strategic Management Research Center.

VAN DE VEN, Andrew H., Harold L. Angle and Marshall Scott Poole (eds). 1989. Research on the Management of Innovation: The Minnesota Studies. New York: Harper & Row, Publishers.

VINCENTI, Walter G. 1990. What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

VON HIPPEL, Eric. 1976. "The Dominant Role of Users in the Scientific Instrument Innovation Process". Research Policy 5, p. 212-39.

VON HIPPEL, Eric. 1988. The Sources of Innovation. New York: Oxford University Press.

VON HIPPEL, Eric. 1994. ""Sticky Information" and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation". Management Science 40 (4), p. 429-39.

VON HIPPEL, Eric and Marcie Tyre. 1996. "The Mechanics of Learning by Doing". Technology and Culture 37 (2), p. 312-29.

VON MISES, Ludwig. 1966. Human Action: A Treatise on Economics, 3rd revised edition. San Francisco: Fox & Wilkes.

WALDROP, M. Mitchell. 1992. Complexity. The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos. New York: Simon and Schuster.

WEBER, Robert J. 1992. Forks, Phonographs, and Hot Air Balloons. A Field Guide to Inventive Thinking. New York: Oxford University Press.

WEBER, Robert J. and David N. Perkins (eds). 1992. Inventive Minds. Creativity in Technology. New York: Oxford University Press.

WEISBERG, Robert W. 1988. "Problem Solving and Creativity". In Robert J. Sternberg (ed.). The Nature of Creativity. Contemporary Psychological Perspectives. New York: Cambridge University Press, p. 148-76.

WENTORF, Robert H. Jr. 1992. "The Synthesis of Diamonds". In Robert J. Weber and Daniel N. Perkins (eds). Inventive Minds. Creativity in Technology. New York: Oxford University Press, p. 154-65.

WEST, Thomas. G. 1991. In the Mind's Eye. Buffalo: Prometheus Book.

WILLIAMS, K., T. Cutler, J. Williams and C. Haslam. 1987. "The End of Mass-Production". Economy and Society 16, p. 405-39.

YIN, Jason Zunsheng. 1994a. "Managing Process Innovation through Incremental Improvements: Empirical Evidence in the Petroleum Refining Industry". Technological Forecasting and Social Change 47. p. 265-76.

YIN, Robert K. 1994b. Case Study Research. Design and Methods, 2nd edition. Thousand Oaks: Sage Publications.

ZEISSET, Paul T. and Mark E. Wallace. 1998. "How NAICS Will Affect Data Users". Washington (D.C.): Economic Planning and Coordination Division, U.S. Bureau of the Census.

ANNEXE I
GRILLE D'ENTREVUE UTILISÉE
LORS DES RENCONTRES AVEC LES INVENTEURS AUTONOMES

(Note: Le terme "innovation" signifie "quelque chose de nouveau mis en pratique"¹¹⁴)

1. PROFIL DE L'INVENTEUR:

- 1.1 Renseignements personnels
- 1.2 Expérience de travail récente
- 1.3 Nature de sa participation dans le projet
- 1.4 Attentes face à l'innovation

2. INNOVATION(S) SOUS ÉTUDE:

- 2.1 Renseignements factuels
- 2.2 Perceptions subjectives
- 2.3 Autres questions liées à l'acte créatif

3. DÉVELOPPEMENT DU PROCESSUS CRÉATEUR CHEZ L'INVENTEUR

- 3.1 Histoire de vie
- 3.2 Développement des capacités créatrices
- 3.3 Autres questions liées à l'acte créatif

4. LOCALISATION ET IMPORTANCE DE LA PROXIMITÉ GÉOGRAPHIQUE.

- 4.1 Renseignements factuels
- 4.2 Perceptions subjectives

5. PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE.

- 5.1 Renseignements factuels
- 5.2 Perceptions subjectives

¹¹⁴ Slaughter (1991: 62) définit l'innovation comme "quelque chose de nouveau qui est mis en pratique" et l'invention comme devant répondre à certains critères légaux tels que la nouveauté et l'utilité. Langrish et al. (1972: 6) écrivent toutefois que "certain steps have to follow after invention to turn it into successful innovation." Nous avons retenu la première définition.

1. PROFIL DE L'INVENTEUR

1.1 Renseignements personnels:

Nom:

Date de naissance:

Adresse

Tél. résidence:

Tél. travail:

Tél. cellulaire:

Télécopieur:

À l'emploi présentement: oui non

Peut-on vous y contacter: oui non

Description des tâches:

Éducation/Formation

Secondaire/an: Collégial/an: Université/an

Programme suivi:

Diplôme ou certificat obtenu:

Formation complémentaire:

Loisirs:

1.2 Expérience de travail récente

Employeur actuel depuis:

Nom:

Adresse:

Tâches/poste:

Employeur précédent:de: à:

Nom:

Adresse:

Tâches/postes:

Raison du départ:

Avez-vous déjà été actionnaire (minoritaire, majoritaire) ou directeur d'une PME?

oui

non

Si oui,

Titre:

Nom:

Adresse:

Secteur:

Description des tâches:

Nombre d'employés:

Nombre d'années: de: à:

1.3 Nature de sa participation dans le projet

Recherche et développement

Nom de l'entreprise:

Adresse:

Ville:

Code Postal:

Téléphone:

Télécopieur:

Nom du responsable:

1) Nom entreprise:

Adresse:

Personne référence:

Date rencontre:

Téléphone:

Télécopieur:

Résumé du dossier:

Date prochaine rencontre:

2) Nom entreprise:

Adresse:

Personne référence:

Date rencontre:

Téléphone:

Télécopieur:

Résumé du dossier:

Date prochaine rencontre:

1.4 Attentes

Comment voulez-vous exploiter votre innovation?

Que recherchez-vous?

Assistance technique

Assistance légale

Accorder une licence de fabrication

Accorder une distribution

Trouver des partenaires:

 dans la fabrication

 financiers

 autres

Cession de propriétés

Attentes actuelles et commentaires

2. INNOVATION(S) SOUS ÉTUDE

2.1 Renseignement factuels

A) Informations générales

Quand et comment avez eu l'idée de cette innovation?

Besoin(s) à combler:

Nom de l'innovation:

Nom donné par l'inventeur:

Nom descriptif de l'innovation:

Nom du propriétaire de l'innovation:

L'innovation est:

Un procédé de fabrication

Un composé chimique

Un appareil

Un produit

Un nouvel usage d'un produit

Quelles étapes votre projet a-t-il franchi?

Idée dessin plan maquette

modèle réduit vraie grandeur essais fabrication

B) Caractéristiques de l'innovation

Originalité (aspects nouveaux/particularités)

Avantages sur les autres produits existants (aspects/particularités donnant avantages)

Utilité et son application principale

Autre(s) application(s) possible

C) Essais et tests

Quels essais ont été effectués et par qui?

Installation

Opération

Fonctionnement

Durabilité (matériel utilisé, usage prolongé)

Résistance (tests?)

Entretien

Sécurité (selon les normes)

Économie

Les inconvénients, les limitations de l'innovation

Annexe

Test(s) et évaluation(s) technique(s)

D) Fabrication du produit

Informations générales: Que savez-vous:

de la production?

de la mise en production?

du coût?

des délais?

des fabricants?

Avez-vous contacté des compagnies?

E) La production

La production actuelle

Fabricant:

Sous-traitant:

Capacité actuelle:

La production alternative

Possibilités

Description de la fabrication

Inventaire

Actuel:

Potentiel:

Garantie

fabrication

politique de retour:

F) La commercialisation du produit

Contexte commercial

Quels seront les utilisateurs de votre innovation?

Quels seront les acheteurs de votre innovation?

Que savez-vous de la mise en marché?

L'innovation a-t-elle été publiée ou vendue?

Avez-vous fait des démarches de commercialisation?

Opportunités

Marché potentiel large

Bonnes perspectives de croissance du produit (ex.: popularité du sport)

Présence de fabricants potentiels réputés

Présence d'un réseau de distribution

Aspect sécuritaire indéniable

Facilité de perception avantages/bénéfices

Excellentes perspectives d'exportations

Obstacles

- Universalité du produit à définir (adaptation à tous les modèles)

- Produit saisonnier

Outils de commercialisation

- Dépliant publicitaire

- Vidéo

- Display

- Photo

Produit fini

- Poids:

- Couleur:

- Boîte d'emballage:

- Nombre d'unités par boîte d'expédition:

Commercialisation en cours

- Distributeurs actuels:

- Points de vente:

- Volume:

- Les prix:

2.2 Perceptions subjectives

A) D'où est venu le besoin d'inventer/d'innover dans ce cas précis?

B) Évolution de l'innovation (du premier prototype au résultat actuel)

- Principe général

- Choix des matériaux

- Temps requis dans la mise au point de l'innovation

- Rôle du hasard dans la suggestion de solutions

- Rôle des méthodes formelles dans la mise au point de l'innovation

- Autres

C) Acte créatif

- Rôle de la mémoire ou des expériences antérieures

- Emprunt(s) analogique(s) (sources "visuelles" d'inspiration)

- Pensée visuelle

- Rôle du subconscient / illumination

D) Rôle d'autres individus dans l'acte créatif

Façon d'aborder le problème

Choix des matériaux et des procédés

Suggestion(s) pour trouver des

conseils techniques

fournisseurs

débouchés (acheteurs, distributeurs)

Comment les contacts se sont-ils faits?

E) De nouvelles applications non prévues à l'origine

Produit lui-même

Procédé(s) utilisé(s) lors de la mise au point

3. DÉVELOPPEMENT DES CAPACITÉS CRÉATRICES DE L'INDIVIDU

3.1 Histoire de vie

Milieu familial (autres inventeurs)
Premières expériences créatrices
Choix de la formation professionnelle
Expériences pratiques en milieu de travail
A-t-il des partenaires d'affaires/créatifs réguliers?

3.2 Développement des capacités créatrices

A) Pourquoi invente-t-il?

Résoudre des problèmes
Argent
Prestige
Répondre aux normes gouvernementales
Autres

B) Innovations antérieures

Nombre (même approximatif)
Type (produit, procédé, nouvel usage d'un produit; majeure, mineure)
Secteurs industriels
Quelle proportion a été commercialisée?
Nombre d'innovations brevetées ou protégées
Milieu(x) dans lequel(s) les innovations ont été concrétisées?
(sous-sol ou atelier de l'inventeur, entreprise, autre)
Fabrication par d'autres (PME, grandes entreprises, etc.)

C) Traits communs entre les innovations

Matériaux
Approche retenue (forme, principes communs, analogies)
Aucun trait commun

D) Qui suggère l'idée de l'innovation?

Inventeur lui-même

Autres individus (si oui, comment?)

E) Comment l'inventeur se tient-il à jour?

Formation professionnelle continue (cours, séminaires, apprentissage formel)

Lectures

Autres (apprentissage personnel et non structuré)

F) Comment l'inventeur trouve-t-il l'information pertinente?

Sources écrites (banques de données, catalogues, répertoires, brevets, etc.)

Autres individus (comment les contacts sont-ils établis?)

Autres (Internet, Conférences, Voyages d'affaires, etc.)

G) Exposition à d'autres cultures

A-t-il déjà travaillé/étudié hors du Québec?

Autre(s) langue(s), culture, voyage-

H) L'inventeur a-t-il vécu un épisode de découverte simultanée?

3.3 Autres questions liées à l'acte créatif

(Note: Cette section s'inscrit dans une perspective plus large de la problématique. Elle touche un certain nombre de questions qui seront abordées dans le cadre du développement théorique sur la création technique, mais elles ne sont pas directement reliées à l'importance de la diversité économique locale pour la création technique. Le but de cette section est surtout de documenter la perception subjective des inventeurs sur certaines questions liées à l'acte créatif et aux modes d'apprentissage.)

Quelle est l'opinion de l'inventeur sur

A) Le travail d'équipe pour concevoir une nouveauté.

(Note: On ne parle pas ici de travail d'équipe pour suivre un plan (par exemple, construire une maison), mais bien pour concevoir quelque chose de nouveau).

A-t-il déjà vécu une telle expérience?

Travaille-t-il bien en équipe?

Quel(s) sont les avantages / inconvénients de travailler seul / en équipe?

Quel(s) sont les meilleurs gages de succès pour travailler en équipe sur un produit / procédé novateur?

B) Être inventeur autonome sans diplôme universitaire.

Se sent-il pris au sérieux en tant qu'inventeur autonome?

Que pense-t-il des ingénieurs? Pourquoi?

Quelles sont les différences entre un inventeur et un ingénieur?

Relations inventeur autonome - ingénieur d'après son expérience.

Lui a-t-on refusé des promotions parce que non-diplômé?

Autre(s) remarque(s) sur le statut de l'inventeur autonome?

C) L'apprentissage et l'innovation en entreprise

Dans quel milieu un individu est-il susceptible d'apprendre le plus de choses, une grande entreprise (GE) ou une PME? Pourquoi?

Dans quel milieu est-il le plus facile de faire avancer ses idées, GE ou PME? Pourquoi?

D) L'intervention gouvernementale.

Opinion sur l'impact des normes contraignantes (i.e. obligation de suivre une procédure bien définie par opposition à l'imposition de certains résultats) pour l'innovation?

Opinion sur le système ISO?

Opinion sur les subventions?

Opinion sur les laboratoires de recherche publics (CRIQ, Labs H-Q, etc.)?

Quelle serait la meilleure politique gouvernementale de l'innovation?

4. LOCALISATION ET IMPORTANCE DE LA PROXIMITÉ GÉOGRAPHIQUE

(Note: Cette section vise à séparer la part du hasard de celle de la nécessité dans les choix de localisation de l'inventeur et de sa production présente ou éventuelle. Le concept de proximité géographique renvoie essentiellement à la possibilité "d'interactions face-à-face fréquentes et soutenues avec d'autres individus" tout en permettant "la réduction des délais de livraison ou de fourniture d'un service". La proximité géographique ainsi définie peut donc correspondre à une unité géographique un peu plus grande qu'une région métropolitaine conventionnelle.)

4.1 Renseignements factuels

S'assurer que l'information a été colligée lors de la première partie du questionnaire

4.2 Perceptions subjectives

A) Localisation actuelle de l'inventeur (pourquoi est-il installé à cet endroit?)

Hasard (lieu d'origine, emploi antérieur ou non relié au domaine de l'innovation actuelle, ancienne résidence secondaire, etc.)

Nécessité (proximité des fournisseurs, acheteurs, consultants, emploi actuel directement relié au domaine de l'innovation, etc.)

B) Où sont situées les personnes-ressources et les fournisseurs ayant été utiles dans la mise au point de l'innovation?

Dans la région (proximité immédiate pour contacts face-à-face quotidien si nécessaire)

À l'extérieur de la région (hors de la région immédiate)

C) Rôle / importance de la localisation dans le choix des "sources externes" pour la mise au point de l'innovation:

Fournisseurs

Acheteurs

Intermédiaires

Conseillers techniques (varia)

Financiers

Autres personnes ayant eu de l'importance dans la mise au point et la commercialisation de l'innovation

D) Localisation de la production éventuelle (s'il y a lieu)

Site privilégié par l'inventeur

Où?

Pourquoi?

Sous-traitance à des entreprises déjà établies (rôle de la localisation dans ce choix?)

E) Perception subjective de l'importance de localisation pour un inventeur au niveau de l'innovation, de la production et de la distribution

Urbain

Rural

5. PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(Note: Cette section constitue le point de départ d'une interrogation plus large sur le système des brevets sur les inventeurs autonomes et n'est pas directement reliée à la problématique)

5.1 Renseignement factuels

A) L'innovation a déjà fait l'objet de:

Recherche parmi les brevets	Date:	par:
Demande de protection provisoire	Request obtenue, No.:	
Demande de brevet	Brevet obtenu, No.:	
Demande de dessin industriel	Dessin obtenu, No.:	
Demande de droits d'auteurs	Droits d'auteurs obtenu, No.:	
Demande de marque de commerce	Marque de commerce obtenu, No.:	
Autres protections (précisez)		

Annexe

Document(s) de protection

B) L'inventeur détient-il d'autres brevets?

L'inventeur est-il déjà détenteur d'un ou de plusieurs autres brevets?

A-t-il eu à les défendre devant les tribunaux?

Quel montant a-t-il investi dans la protection intellectuelle de ses innovations antérieures? Quels montants a-t-il investi en cour?

Les innovations antérieures ayant été brevetées ont-elles été commercialisées?

5.2 Perceptions subjectives

A) Quelle est la perception de l'inventeur face au système des brevets?

Se sent-il protégé?

Quelle est, selon lui, la portée réelle d'un brevet?

Peut-il décrire ce qu'il sait du système des brevets?

B) Importance des brevets dans la mise au point de ses innovations.

Condition essentielle

Aucune importance

Il s'en passerait, mais est dans l'obligation d'en posséder.

C) Recherche parmi les brevets

Avant la mise au point de l'innovation

Après

Aucune

D) Inventeur a-t-il pris un brevet pour l'innovation principale sous étude?

Oui ou non, pourquoi?

Si oui, combien cela lui a-t-il coûté?

Si c'était à refaire, investirait-il cet argent dans les brevets ou autre chose?

E) Autres remarques

Suggestions pour améliorer le système?

Devrait-on l'abolir?

Autres remarques

ANNEXE II
FICHE SIGNALÉTIQUE DES INVENTEURS

Inventeur	Année de naissance	Occupation principale <small>115</small>	Localisation	Bilingue	Journée et durée de l'enregistrement
Gaétan Aimola	1958	Entrepreneur (plomberie)	Saint-Hubert	Oui	22/10/97 2h30
Julien Beaulieu Guy Dalpé	1959 1957	Entrepreneurs (portes de garage)	Montréal	Non	18/09/97 2h
Diane Beauregard	1961	Inventeur	Repentigny	Non	31/03/98 1h45
Régis Bélanger	1936	Inventeur (retraité)	Saint-Isidore (Beauce)	Non	27/05/98 2h
Gérald Bellerose	1941	Inventeur (retraité)	Nicolet	Non	14/08/97 1h15
Richer Blanchette	1939	Inventeur	Laval	Non	07/04/98 2h
Michel Boisvert	1944	Entrepreneur (construction)	Montréal	Non	22/09/98 1h15
Paul Boisvert	1913	Inventeur (retraité)	Laval	Oui	25/07/97 2h
Pauline Brisebois	1949	Inventeur	Blainville	Oui	05/05/98 1h45
Richard Cantin	1962	Ébéniste	Bois-des-Filion	Oui	16/10/97 3h
Sylvain Cardin	1962	Camionneur	St-Theodore d'Acton	Non	30/05/97 45min

¹¹⁵ Le terme d'inventeur désigne un individu qui se consacre essentiellement à son (ses) invention(s). Il est entendu que la plupart des individus dans cette catégorie sont autant entrepreneur qu'inventeur autonome. Nous avons toutefois ajouté la mention "retraité" pour désigner les inventeurs ayant atteint l'âge de la retraite et ne vivant pas de leurs inventions.

Reinaldo Castillo-Valle	1946	Inventeur	Rosemère	Oui	17/10/97 2h
François Charbonneau	1952	Inventeur	Lachenaie	Oui	14/05/98 2h45
François Chartrand	1952	Inventeur	Huntingdon	Oui	18/09/97 1h30
George Côté	1936	Inventeur	Laval	Oui	27/05/98 2h
Mario Daigle	1957	Entrepreneur (mouliste)	Saint-Bernard Michaudville	Non	14/03/98 2h15
Fernand Degagné	1932	Inventeur (retraité)	Pointe- Calumet	Oui	29/05/97 2h15
Mario de Montigy	1952	Inventeur	Cap de la Madeleine	Non	26/03/98 1h
Edouard Desrosiers	1930	Inventeur (retraité)	Lanoraie	Non	29/05/97 2h
Noël Doyle	1955	Inventeur	Laval	Oui	27/05/98 30min
Dorian Dubé	1941	Inventeur (retraité)	Squatec	Non	19/01/98 1h45
Jean-Marie Gervais	1934	Inventeur (retraité)	Shawinigan- Sud	Non	29/04/98 3h15
Line et Alain Groulx	1959 1957	Entrepreneur (boulangerie)	Terrebonne	Non	23/10/97 2h
Harmel Guérin	1931	Entrepreneur (construction)	Terrebonne	Non	02/05/98 1h30
Richard Jacques	1966	Inventeur	Montréal	Oui	28/05/98 1h30
Jean Koch	1942	Inventeur	Brossard	Oui	17/09/97 4h15
Gérard Labranche	1954	Inventeur	Rosemère	Oui	14/10/97 1h15
Marcel Larouche	1950	Entrepreneur (automobile)	Rivière- Beaudette	Oui	19/03/98 3h45

Camil Lévesque	1932	Entrepreneur (fenestration)	Saint-Jude	Non	25/04/98 4h
Micheline Lévesque	1945	Entrepreneur (isolation mécanique)	Terrebonne	Non	30/04/98 2h
Claude Lizé	1943	Représentant (alimentation)	Saint-Luc (Richelieu)	Oui	21/3/98 1h45
Gérard Lupien	1925	Inventeur (retraité)	Laval	Oui	13/5/97 1h15
Jerry Mooyekind	1938	Inventeur	Valleyfield	Oui	04/05/98 2h30
Lionel Morasse	1945	Inventeur	St-Raymond (Portneuf)	Non	24/03/98 1h30
Denis Morissette	1941	Directeur de production	Montréal	Oui	12/09/97 2h
Michel Nadeau	1949	Inventeur	Longueuil	Non	31/03/98 1h15
Walter Nymark	1939	Inventeur (retraité)	Montréal	Oui	24/10/97 4h
Benoît Ouellet	1955	Inventeur	Montréal	Non	02/04/98 1h45
Claude Paquette	1948	Inventeur	Saint-Luc de Vincennes	Non	26/03/98 3h
Daniel Paquette	1951	Policier	Anjou	Non	4/07/97 1h
Aurélien Ranger	1926	Inventeur (retraité)	Beloeil	Oui	02/04/98 2h
Roger Roby	1942	Inventeur	Drummond-ville	Non	31/03/98 3h
Pierre Vaillancourt	1958	Ébéniste	Victoriaville	Oui	21/5/97 45min
Jean Vityé	1956	Émondeur	Le Gardeur	Oui	13/02/98 2h

ANNEXE III
INVENTEURS ET PRINCIPALES INVENTIONS

<u>INVENTEURS</u>	<u>INVENTIONS</u>
1) Gaétan Aïmola	Remorque à gibier/Mirador
2) Julien Beaulieu Guy Dalpé	Conception Progatec (Porte de garage)
3) Diane Beauregard	La Nanny (Sac à usages multiples)
4) Régis Bélanger	1) Aileron - déclencheur lave-glace 2) Valise diagnostic pour autos
5) Gérald Bellerose	Range Ski Rack
6) Richer Blanchette	Planche à onglets (Miter Board)
7) Michel Boisvert	Bas isolant jetable
8) Paul Boisvert	Cabinet d'aisance réinventé
9) Pauline Brisebois	Co-sy: Housse de matelas
10) Richard Cantin	Panneau caméléon
11) Sylvain Cardin	Wiper De-Icer
12) Reinaldo Castillo - Valle	Testeur de continuité (courant électrique)
13) François Charbonneau	Stabilisateur à échelle
14) François Chartrand	1) P'tit Chartrand (Vélo) 2) Règle Chartrand (mesure d'impact)

- | | |
|--------------------------|---|
| 15) R. Chevalier | Support à bottes |
| 16) George Côté | Corde à linge de balcon, mur et clôture |
| 17) Mario Daigle | 1) Fuseau-fix
2) Pôles-position |
| 18) Fernand Degagné | 1) Chimney Draft Re-Stabilizer
2) Two Way Adjustable Striker Plate |
| 19) Mario De Montigny | Applicateur variable pour scellant |
| 20) Edouard Desrosiers | Quadricycle à roues inclinables |
| 21) Noël Doyle | Corde à linge automatique |
| 22) Dorian Dubé | Harnais pour le tir |
| 23) Jean-Marie Gervais | Dents de castor
(Prothèse-rateau pour le billard) |
| 24) Line et Alain Groulx | "Goozi" (Pain réinventé) |
| 25) Harmel Guérin | Essuie-Glace amélioré |
| 26) Richard Jacques | Trio-Net |
| 27) Jean Koch | "Sure Wipe" |
| 28) Gérard A. Labranche | 1) Arbre de Noël en fibres optiques
2) Vélo réclinant |
| 29) Marcel Larouche | 1) Conducteur (jeux)
2) Bâton buccal anti-nausée |

30) Camil Lévesque	Machine à poser moustiquaires
31) Micheline Lévesque	1) Support à jardinière 2) Crochet multi-usages
32) Claude Lizé	Vélo-Frigo
33) Gilles Lupien	Herbicide biologique
34) Jerry Mooyekind	Barre de sécurité
35) Lionel Morasse	Exer-cycle
36) Denis Morrissette	Le Compagnon (marche amovible)
37) Michel Nadeau	1) Jardins d'eau intérieurs 2) Service Plus
38) Walter Nymark	Polar Pad
39) Benoît Ouellet	Partitio
40) Claude Paquette	Raccord universel / clapet intégré

- | | |
|-------------------------|---|
| 41) Daniel Paquette | <ol style="list-style-type: none">1) SA-28 (Feux de circulation)2) Support à vélos3) Support à panneaux de signalisation4) Gourd'O5) Jog'O6) Golf'O7) Pilo-rescents |
| 42) Aurélien Ranger | Gobbl-et |
| 43) Roger Roby | Coussin acoustique |
| 44) Pierre Vaillancourt | Avertisseur mécanique de freinage (vélo) |
| 45) Jean Vityé | <ol style="list-style-type: none">1) Savonnier2) Lay-On |