



**HAL**  
open science

# Le transfert de technologie vu comme une dynamique des compétences technologiques : application à des projets d'innovation basés sur des substitutions technologiques par le brasage métallique

Hanen Kooli Chaabane

## ► To cite this version:

Hanen Kooli Chaabane. Le transfert de technologie vu comme une dynamique des compétences technologiques : application à des projets d'innovation basés sur des substitutions technologiques par le brasage métallique. Autre. Institut National Polytechnique de Lorraine, 2010. Français. NNT : 2010INPL075N . tel-01748872

**HAL Id: tel-01748872**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01748872v1>**

Submitted on 29 Mar 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

# INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

## ÉCOLE DOCTORALE : RP2E

Equipe de Recherche sur les Processus Innovatifs

### THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le 18 Novembre 2010

pour l'obtention du grade de Docteur de l'INPL  
(Discipline : GENIE DES SYSTEMES INDUSTRIELS)

par

Hanen KOOLI-CHAABANE

« Le transfert de technologie vu comme une dynamique des compétences technologiques : application à des projets d'innovation basés sur des substitutions technologiques par le brasage métallique »

**Directeur de thèse :** Vincent BOLY Professeur (ERPI - INPL)  
**Co-directeur de thèse :** Bernard YANNOU Professeur (LGI - École Centrale Paris)  
Mauricio CAMARGO Maître de Conférences (ERPI - INPL)

**Composition du jury :**

*Rapporteurs :* Anne-Marie JOLLY-DESODT Professeur (Institut Prisme-Université d'Orléans)  
Serge TICHKIEWICH Professeur (Laboratoire G-SCOP)  
*Examineurs :* Najoua ESSOUKRI BENAMARA Professeur (ENISO Tunisie)  
Mario BOURGAULT Professeur (Ecole Polytechnique De Montréal)  
*Membres invités :* Thierry MAZET Professeur associé (EEIGM - INPL)

*« Relire, donc, relire après l'oubli - se relire, sans ombre de tendresse, sans paternité ; avec froideur et acuité critique, et dans une attente terriblement créatrice de ridicule et de mépris, l'air étranger, l'œil destructeur -, c'est refaire ou pressentir que l'on referait, bien différemment, son travail. »*

**P. Valéry**, « Note et digression, 1919 », *Introduction à la méthode de Léonard de Vinci*, Gallimard, Folio / Essais, p. 73.

## Résumé

Le processus de transfert de technologie (TT) est devenu un enjeu majeur tant pour les institutions politiques que pour les acteurs économiques. Le transfert de technologie est un moyen permettant la construction de nouvelles activités économiques par échange de savoir-faire entre plusieurs structures. Un cas particulier est représenté par les collaborations entre un centre de transfert de technologie et une entité industrielle. Le transfert de technologie permet non seulement une adaptation rapide aux évolutions technologiques mais en même temps d'améliorer la capacité des entreprises à innover.

Néanmoins, le transfert de technologie est un processus d'innovation loin de se résumer à une simple relation émetteur / récepteur de connaissances. Il est complexe (multi-acteur, dynamique et exige la propriété d'interopérabilité) et de ce fait, les facteurs déterminants du succès sont encore mal connus, sa modélisation reste à étudier et des principes de pilotage sont à établir.

Cette thèse propose une modélisation descriptive du processus de transfert de technologie afin de mieux comprendre la dynamique des projets de transfert de technologie et de dégager des bonnes pratiques permettant de mieux le piloter. Dans le champ théorique, nous avons analysé les modèles de transfert de technologie existant dans la littérature et avons proposé un méta-modèle du point de vue de l'ingénierie système. Nous avons ensuite cherché à mieux comprendre les phénomènes in situ.

Pour ce faire, une méthodologie d'observation pour la collecte des données au niveau « micro » a été mise au point. La campagne d'expérimentation a été menée dans le cadre du pôle de compétitivité « MATERIALIA<sup>1</sup> » et plus précisément d'un pool de développement de la technologie du brasage métallique. Nous avons suivi cinq projets de transfert durant une période allant de trois mois à deux ans. Deux dimensions ont été privilégiées : la dimension immatérielle (échanges oraux et d'information) et matérielle (objets conçus). D'une manière exhaustive tous les échanges d'information (nature, thématique, fréquence et dominance) ainsi que les résultats intermédiaires et finaux ont été recensés. Ainsi, le concept d'Objet Intermédiaire de Transfert (OIT) est introduit à partir de la notion d'Objet Intermédiaire de Conception (OIC).

Les données obtenues ont été analysées selon deux approches :

- une approche comparative descriptive, permettant d'identifier les invariants et les phénomènes divergents entre les cinq processus. Ceci a permis de proposer de bonnes pratiques de conduite de projet de transfert dans le cas de la technologie du brasage.
- une approche multicritère basée sur la théorie des ensembles approximatifs (rough sets). Cette dernière approche fournit des informations utiles pour la compréhension du processus par l'intermédiaire des règles de connaissances. Elle a validé l'importance des OIT comme indicateur clé influant sur la dynamique du projet et sa réussite finale.

**Mot clefs :** *Transfert de technologie, objet intermédiaire de conception, modèle, facteur clé de succès, émetteur-récepteur, dominance, construction, multi-acteur, niveau « micro ».*

---

<sup>1</sup> MATERIALIA est un pôle leader de l'innovation collaborative en matériaux et procédés ([www.materialia.fr](http://www.materialia.fr)). Il résulte de la fusion du pôle de compétitivité lorrain MIPI (Matériaux Innovants Produits Intelligents) et du pôle champardennais P2MI (Procédés de Mise en Œuvre des Matériaux Innovants).

## **Abstract**

The process of technology transfer (TT) has become a major issue for both political institutions and economic actors. Technology transfer allows to build up new economic activities through exchange of competencies between different structures. A special case is represented by collaborations between a technology transfer center and industry. The transfer of technology enables the rapid adaptation to technological developments, as well as the improvement of the innovation capability of the firms.

However, transfer of technology is an innovation process far from to be defined as a simple transmitter / receiver relationship of knowledge. It is complex (multi-actor, dynamic and requires interoperability). Thus the determinants of its success are still poorly understood and its modeling remains to be studied to a better management and optimization of the process.

This thesis proposes a descriptive modeling of the technology transfer process. The aim is to have better understanding of the dynamics of technology transfer projects, and developing best practices to improve its management.

In the theoretical field, we analyzed the models of the literature and proposed a meta-model of technology transfer from the point of view of systems engineering. We then sought to better understand the phenomena in situ.

In order to reach our aim, an observation methodology for data collection at the micro level has been developed. The experimental campaign was conducted under the cluster "MATERALIA<sup>2</sup>" and more specifically under a technology development pool of brazing. We followed five transfer projects for a period ranging from three months to two years. Two dimensions have been emphasized: the immaterial dimension (oral exchanges of information) and the material dimension (designed objects). Exhaustively all exchanges of information (type, theme, frequency and dominance), intermediate and final results were recorded. Thus, the concept of Intermediate Transfer Object (ITO) is introduced from the concept of design intermediary object.

The data obtained were analyzed using two approaches:

- a comparative descriptive approach, identifying invariants and divergent phenomena between the five processes. This has allowed us to propose best practices for technology transfer project management in the context of brazing.

- a multicriteria approach based on the rough sets theory. This approach provides useful information for understanding the process through the decision rules. It validated the importance of the technology transfer object as key indicators determining the dynamics and the success of a project.

**Keywords :** *Technology Transfer, intermediate object design, model, key success factor, broadcast model, dominance, construction, multi-player, micro level.*

---

<sup>2</sup> MATERALIA is a leading cluster for collaborative innovation in materials and processes ([www.materialia.fr](http://www.materialia.fr)).

## Remerciements

*Mes remerciements les plus sincères :*

*A Vincent BOLY, mon infatigable et immensément patient Directeur de Thèse, qui a su être à la bonne distance et m'insuffler à travers ses conseils éclairés la confiance nécessaire pour venir à bout de cette aventure intellectuelle. Ma reconnaissance lui est à jamais acquise et son souvenir demeurera toujours présent dans ma mémoire. J'ai beaucoup appris à ses côtés aussi bien au niveau intellectuel qu'humain.*

*A Mauricio CAMARGO, mon Co-Directeur qui m'a accompagnée durant ce travail. Cette thèse lui doit beaucoup, j'espère qu'elle représente un peu cette volonté de partager la connaissance avec l'autre qui l'anime.*

*A Bernard YANNOU, mon Co-Directeur pour ses conseils éclairés et sa disponibilité.*

*A Thierry MAZET et David MACEL, les deux experts en brasage. Leur professionnalisme et leurs qualités humaines m'ont permis de mener à bien la phase expérimentation.*

*A Laure MOREL, Directeur de l'ERPI, pour m'avoir guidée et conseillée tout au long de mes recherches.*

*A Pascal LHOSTE, Directeur de l'ENSGSI, pour sa disponibilité et son professionnalisme.*

*A Jean-Paul CHOBAUT, Directeur du CM2T, pour sa coopération ainsi que pour son soutien constant.*

*A Anne-Marie JOLLY-DESODT, Najoua ESSOUKRI BENAMARA, Mario BOURGAULT et Serge TICHKIEWICH, membres du jury, qui avez accepté avec gentillesse de participer à l'évaluation de cette thèse. Je vous adresse mes sincères remerciements pour le temps consacré à ce travail et pour l'intérêt que vous y avez porté.*

*A la DRIRE, le FEDER, la DRRT, le Conseil Général 54, le Conseil Régional de Lorraine et la CUGN qui ont financé cette thèse.*

*Aux différents industriels qui m'ont ouvert la porte de leur établissement et permis à cette recherche d'aboutir.*

*A vous, collègues, chercheurs, administratifs, qui m'avez apporté vos connaissances toujours avec une grande bienveillance. Je remercie particulièrement, Frédérique MAYER, Benoit ROUSSEL, Patrick TRUCHOT, Jeanne-Luce SAKANGA et Jean Pierre GRANDHAYE pour les qualités qui sont les leurs.*

*A Fatma MAHJOUBI pour son soutien, son aide et surtout pour son amitié.*

*A mon frère, ma sœur, une thèse n'est souvent que le reflet d'un cheminement très personnel, vous savez la place particulière que vous y tenez. Vous êtes ma famille, ma vraie richesse et sans vous je suis pauvre.*

*A ces yeux verts fatigués et à cette peau que les années et les difficultés ont terrassé par les rides, à ma mère, à la plus courageuse des mères, merci maman pour ta tendresse et ton dévouement pour tes enfants. Je te suis redevable à jamais. Sans toi je ne serais jamais arrivée là.*

*A un petit soleil qui a illuminé ma vie et celle de son père. Tu as rendu ma tâche un peu plus difficile mais tu m'as tellement donné de joie et de bonheur que je te pardonne. Je t'aime petit bonhomme.*

*A celui qui partage ma vie, je te remercie de ta patience et de ton amour. Quand je te regarde, je me rappelle que l'homme peut être bon. Cette thèse t'est dédiée.*

*Je souhaite dédier ce travail comme aboutissement de trois années de recherche à « Nziha » et Walid qui méritent autant que moi le titre de docteur.*

## PLAN DETAILLE

<b>RESUME</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>5</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>186</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>187</b>
<b>CHAPITRE 1. INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>11</b>
1.1. CONTEXTE : VISION SYSTEMIQUE ET SCIENCES DE L'INGENIEUR DANS UN CADRE COLLABORATIF .....	12
1.2. INTERET DU BRASAGE COMME APPLICATION .....	14
1.3. PROBLEMATIQUE DE LA RECHERCHE .....	15
1.4. DESIGN DE LA RECHERCHE .....	19
1.4.1. <i>Les choix méthodologiques</i> .....	20
1.4.2. <i>Des risques... mais mesurés</i> .....	22
1.5. PRESENTATION DES CINQ CAS D'ETUDE .....	23
<b>CHAPITRE 2. ETAT DE L'ART : VERS UNE VISION COMPLEXE DU TRANSFERT DE TECHNOLOGIE</b> .....	<b>27</b>
2.1. DEFINITION DU TRANSFERT DE TECHNOLOGIE (TT) .....	28
2.1.1 <i>Relation du Transfert de Technologie avec l'innovation.</i> .....	28
2.1.2 <i>Intérêt du Transfert de Technologie (Pourquoi le TT est important ?).</i> .....	30
2.1.3 <i>Flux et Transfert de Technologie.</i> .....	32
2.1.4 <i>Pas de définition unique pour le Transfert de Technologie</i> .....	33
2.2. APPROCHE DE LA MODELISATION DU TRANSFERT DE TECHNOLOGIE .....	34
2.2.1 <i>Interopérabilité et Transfert de Technologie</i> .....	34
2.2.2 <i>Modèles du Transfert de Technologie</i> .....	36
2.2.3 <i>Mécanismes du Transfert de Technologie</i> .....	39
2.2.4 <i>Des acteurs clefs à des niveaux distincts et avec des objectifs différents</i> .....	40
2.2.5 <i>Facteurs influent sur le Transfert de Technologie</i> .....	44
2.3. LIMITES DE LA LITTERATURE SUR LE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE .....	48
2.4. CONCLUSIONS DU CHAPITRE .....	50
<b>CHAPITRE 3. NOTRE CONTRIBUTION : PROPOSITION D'UNE METHODOLOGIE ET D'UNE APPROCHE DE MODELISATION</b> .....	<b>51</b>
3.1. DEFINITION ADOPTEE DU TRANSFERT DE TECHNOLOGIE (TT) .....	52
3.2. PROBLEMATIQUE .....	52
3.3. PROPOSITION D'UNE METHODOLOGIE D'OBSERVATION .....	58
3.3.1. <i>Dimension immatérielle : dominance et contenu</i> .....	59
3.3.2. <i>Dimension matérielle : OIC versus OIT</i> .....	61
3.4. PROPOSITION D'UNE MODELISATION CONCEPTUELLE POUR LE PROJET DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE .....	65
3.4.1. <i>Vision systémique du projet de Transfert de Technologie</i> .....	65
3.4.2. <i>Intérêt et présentation d'une modélisation avec une vision processus</i> .....	67
3.5. CONCLUSIONS DU CHAPITRE .....	69
<b>CHAPITRE 4. CADRE DE L'EXPERIMENTATION</b> .....	<b>70</b>
4.1. ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE ELEMENTAIRE SUR LA TECHNOLOGIE DE BRASAGE .....	71
4.1.1 <i>Critères de décision dans une substitution technologique : cas d'un assemblage métallique</i> .....	71
4.1.2 <i>Définition du procédé de brasage</i> .....	75
4.1.3 <i>Le brasage, un procédé ancien... en très forte évolution</i> .....	76
4.1.4 <i>Description du procédé de brasage et de ses caractéristiques</i> .....	77
4.1.5 <i>Quatorze avantages du procédé de brasage</i> .....	78
4.1.6 <i>Limites du brasage</i> .....	79
4.2. OBJECTIFS DE L'EXPERIMENTATION .....	80

4.3. ORGANISATION DE LA PARTIE EXPERIMENTALE.....	80
4.3.1. Cinq projets : Comment et pourquoi ?.....	80
4.3.2. Nature des données.....	83
4.3.3. Outils d'observation.....	84
4.3.4. Organisation des travaux expérimentaux.....	89
4.4. CONCLUSIONS DU CHAPITRE .....	89
<b>CHAPITRE 5. RESULTATS EXPERIMENTAUX ET TRAITEMENT DES DONNEES .....</b>	<b>90</b>
5.1. DEMARCHE DE TRAITEMENT DES DONNEES .....	91
5.1.1. Mise en place des indicateurs pour l'approche comparative .....	92
5.1.2. Etude des invariants / variants par l'approche comparative.....	99
5.1.3. Approche multicritère par la théorie des ensembles approximatifs : choix et concept mathématique .....	99
5.2. LES RESULTATS EXPERIMENTAUX : EXPOSE ET INTERPRETATION .....	104
5.2.1. Résultats obtenus grâce à l'approche comparative .....	104
5.2.2. Résultats obtenus grâce à la théorie des ensembles approximatifs.....	130
5.3. RESULTATS : ANALYSES ET CONCLUSIONS .....	134
5.3.1. Confirmation de la vision du processus de TT comme dynamique de compétences .....	135
5.3.2. Le modèles du TT à cinq phases face au terrain : avantages et limites.....	135
5.3.3. Le processus de TT est un processus non linéaire au niveau micro.....	135
5.3.4. Validation de 10 facteurs sur les 14 facteurs de succès étudiés expérimentalement.....	136
5.3.5. Proposition d'un facteur de succès supplémentaire : le niveau de matérialisation.....	139
5.3.6. Proposition de bonnes pratiques de pilotage du Transfert de Technologie au niveau micro .....	139
5.4. CONCLUSIONS DU CHAPITRE .....	147
<b>CHAPITRE 6. CONCLUSIONS GENERALES, DISCUSSION, ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>149</b>
<b>CHAPITRE 7. GLOSSAIRE.....</b>	<b>155</b>
<b>CHAPITRE 8. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>158</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>167</b>

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1. DESIGN DE LA RECHERCHE .....	20
FIGURE 2. ENVIRONNEMENT DU TRANSFERT DE TECHNOLOGIE .....	24
FIGURE 3. DIFFERENTS COURANTS DE LA MODELISATION DESCRIPTIVE (SOURCE : NOTRE RECHERCHE) .....	36
FIGURE 4. MODELE DE RESEAU DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE (TEURPIN 2001) .....	38
FIGURE 5. NOTRE CLASSIFICATION DES FACTEURS DE SUCCES APRES LA REVUE DE LA LITTERATURE (SOURCE : NOTRE RECHERCHE).....	45
FIGURE 6. MATURATION DE LA PROBLEMATIQUE.....	53
FIGURE 7. VISUALISATION DES ECHANGES SANS PRESENCE D'UN TIERS .....	59
FIGURE 8. VISUALISATION DES ECHANGES AVEC PRESENCE D'UN TIERS .....	60
FIGURE 9. RELATION ENTRE OIT ET OIC (SOURCE : NOTRE RECHERCHE) .....	63
FIGURE 10. VUE GENERALE DU PROJET DE TT DE BRASAGE EN INTRODUISANT L'ACTEUR « ENTREPRISE VIRTUELLE » .....	67
FIGURE 11. MODELE DU PROJET DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE.....	69
FIGURE 12. CLASSEMENT DES PROCEDES D'ASSEMBLAGE ((ESAWI AND ASHBY 2004) ADAPTEE) .....	72
FIGURE 13. ILLUSTRATION DU BRASAGE PAR CAPILLARITE ET PAR RECOUVREMENT .....	76
FIGURE 14. CONSTITUTION D'UNE BASE DE DONNEES D'ENTREPRISES EN LORRAINE (SOURCE : NOTRE RECHERCHE).....	82
FIGURE 15. GRILLE D'OBSERVATION .....	86
FIGURE 16. GRILLE RECAPITULATIVE .....	87
FIGURE 17. EXEMPLE DE GRILLE RECAPITULATIVE DES FLUX D'ECHANGES POUR UN PROJET DE TT .....	88
FIGURE 18. ORGANISATION DU TEMPS.....	89
FIGURE 19. METHODOLOGIE DE TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES.....	91
FIGURE 20. DEMARCHE DE MISE EN PLACE DES INDICATEURS .....	92
FIGURE 21. EXEMPLE DE REPRESENTATION D'ENSEMBLES APPROXIMATIFS.....	103
FIGURE 22. ORGANISATION DES PHASES DE TRANSFERT DANS LE PROJET A .....	109
FIGURE 23. ORGANISATION DES PHASES DE TRANSFERT DANS LE PROJET B .....	110
FIGURE 24. ORGANISATION DES PHASES DE TRANSFERT DANS LE PROJET C .....	111
FIGURE 25. ORGANISATION DES PHASES DE TRANSFERT DANS LE PROJET D .....	113
FIGURE 26. ORGANISATION DES PHASES DE TRANSFERT DANS LE PROJET E .....	114
FIGURE 27. REPARTITION DES ECHANGES PAR FORME EN %.....	116
FIGURE 28. RELATION ENTRE LES INDICATEURS TAU ET ALPHA .....	123
FIGURE 29. REPARTITION DES OIT PAR CATEGORIE .....	127
FIGURE 30. REPARTITION DES ENTREPRISES PAR ACTIVITE.....	172
FIGURE 31. REPARTITION DES ENTREPRISES PAR DEPARTEMENT .....	173
FIGURE 32. REPARTITION DES ENTREPRISES PAR TAILLE.....	173
FIGURE 33. REPARTITION DES ENTREPRISES PAR DEPARTEMENT ET PAR TAILLE.....	174
FIGURE 34. REPARTITION DES ENTREPRISES PAR NIVEAU D'INTERET.....	175
FIGURE 35. REPARTITION DES ENTREPRISES PAR NIVEAU D'INTERET ET PAR TRANCHE DE CA .....	175
FIGURE 36. REPARTITION DES ENTREPRISES PAR NIVEAU D'INTERET ET PAR TAILLE .....	176
FIGURE 37. REPARTITION DES ENTREPRISES PAR NIVEAU D'INTERET ET PAR DEPARTEMENT.....	176

TABLEAU 1. NIVEAU DE DECISION ET OBJECTIFS DE CHACUN DES ACTEURS CLEFS DE L'ETUDE .....	14
TABLEAU 2. CLASSIFICATION DES METHODES DE RECHERCHES ((GAREL 1998) CITE DANS (LENFLE 2008)) .....	21
TABLEAU 3. PRESENTATION DES CINQ ENTREPRISES OBSERVEES .....	25
TABLEAU 4. DESCRIPTION DU TYPE, NATURE ET IMPACTS DE L'INNOVATION DANS LES CINQ PROJETS OBSERVES.....	26
TABLEAU 5. DESCRIPTION DES MODELES DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE (SOURCE : NOTRE RECHERCHE) .....	38
TABLEAU 6. CLASSIFICATION DES MECANISMES DU TRANSFERT DE TECHNOLOGIE .....	39
TABLEAU 7. LE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE DU POINT DE VUE DE DIFFERENTS ACTEURS CLEFS (SOURCE : NOTRE RECHERCHE).....	43
TABLEAU 8. DESCRIPTION DES FACTEURS DE SUCCES DU TT (SOURCE : LITTERATURE / NOTRE RECHERCHE) .....	47
TABLEAU 9. CODIFICATION DES SUJETS .....	61
TABLEAU 10. LISTE DES OBJETS INTERMEDIAIRES .....	62
TABLEAU 11. LES CATEGORIES D'OIT .....	64
TABLEAU 12. PROCEDES D'ASSEMBLAGE SELECTIONNES POUR L'ETUDE (SOURCE : NOTRE RECHERCHE) .....	73
TABLEAU 13. CARACTERISATION DE L'ATTRIBUT GEOMETRIQUE.....	74
TABLEAU 14. CARACTERISATION DE L'ATTRIBUT ECONOMIQUE.....	74
TABLEAU 15. CARACTERISATION DE L'ATTRIBUT DE FONCTIONNALITE .....	75
TABLEAU 16. CARACTERISATION DE L'ATTRIBUT DE SECURITE.....	75
TABLEAU 17. TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES ETAPES DE SELECTION D'ENTREPRISES .....	82
TABLEAU 18. LISTE DES FACTEURS DE SUCCES, DES PHENOMENES OBSERVABLES ET DES INDICATEURS MIS EN PLACE QUI LEUR SONT ASSOCIES .....	94
TABLEAU 19. LISTE DES INDICATEURS MIS EN PLACE ET LEURS DEFINITIONS .....	98
TABLEAU 20. LES QUATRE PROBLEMATIQUES DE REFERENCE (ROY 1985) .....	100
TABLEAU 21. EXEMPLE DE TABLE DE DECISION .....	102
TABLEAU 22. TABLEAU RECAPITULATIF DES CONSTATS ET INVARIANTS ETABLIS PAR TECHNIQUE DE TRAITEMENT.....	107
TABLEAU 23. REPARTITION DES ECHANGES PAR FORME. ....	116
TABLEAU 24. LES VALEURS REMARQUABLES DE LA REPARTITION DES ECHANGES PAR FORME EN %. ....	116
TABLEAU 25. RELATION ENTRE NATURE DE L'ECHANGE ET ORGANISATION INTERNE DE LA PME.....	117
TABLEAU 26. VALEURS DES INDICATEURS RELATIFS A L'ENVIRONNEMENT DU PROJET .....	117
TABLEAU 27. VALEURS DES INDICATEURS RELATIFS A LA DIMENSION HUMAINE DU TT.....	118
TABLEAU 28. VALEURS DES INDICATEURS RELATIFS A L'AMELIORATION DES COMPETENCES DES DIFFERENTES PARTIES PRENANTES ..	119
TABLEAU 29. RELATION ENTRE LES CARACTERISTIQUES DU PRODUIT, LE NIVEAU DE MATERIALISATION ET LA FREQUENCE DES ECHANGES .....	121
TABLEAU 30. VALEURS DES INDICATEURS RELATIFS A LA DYNAMIQUE DE PROJET .....	122
TABLEAU 31. DOMINANCE DE L'ECHANGE PAR SUJET ET PAR PROJET .....	124
TABLEAU 32. NOMBRE D'OIT PAR CATEGORIE POUR CHAQUE PROJET .....	127
TABLEAU 33. APPARITION DES CATEGORIES D'OIT PAR PHASE DU MODELE DU PROJET DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE .....	128
TABLEAU 34. TABLE DE DECISION .....	131
TABLEAU 35. RELATION ENTRE LES CRITERES ET LE RESULTAT D'UN PROJET DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE.....	132
TABLEAU 36. LES ENSEMBLES REDUITS CLASSES PAR CARDINAL.....	132
TABLEAU 37. RELATION ENTRE LA DECISION ET L'ENSEMBLE REDUIT {« IMPACT INTERNE », « ALPHA »}.....	133
TABLEAU 38. QUALITE DE L'APPROXIMATION .....	133
TABLEAU 39. ENSEMBLE DES REGLES .....	134
TABLEAU 40. VALIDATION DES FACTEURS DE SUCCES PAR LES DEUX APPROCHES .....	138
TABLEAU 41. TABLEAU DE SYNTHESE DES BONNES PRATIQUES REGROUPEES PAR FAMILLE.....	146
TABLEAU 42. LES ENSEIGNEMENTS DE LA THESE .....	150
TABLEAU 43. CONTRIBUTIONS MAJEURES DE LA THESE .....	151
TABLEAU 44. CHAMPS DE RECHERCHE DANS LA BASE DE DONNEES KOMPASS .....	170
TABLEAU 45. LISTE DES CODES KOMPASS PRIORITAIRES POUR LE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE .....	171
TABLEAU 46. LISTE DES NIVEAUX D'INTERET .....	172
TABLEAU 47. PROFIL TYPE D'UNE ENTREPRISE D'UN NIVEAU D'INTERET DONNE .....	177
TABLEAU 48. TABLEAU RECAPITULATIF DES ENTREPRISES ETUDIEES .....	178

# Chapitre 1. Introduction générale

*« Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit ».*

**Gaston Bachelard**, « La formation de l'esprit scientifique »

## **But du chapitre**

Cette thèse est une étude du processus de transfert de technologie entre un centre de transfert et des PME. Ce chapitre vise à définir le contexte qui nous a amenés à traiter cette problématique et pourquoi le brasage est une application pertinente pour l'étude de projets de transfert technologique. Dans ce chapitre, nous posons également la problématique de recherche. Suite à une revue de la littérature présentée dans le Chapitre 2, cette problématique sera affinée en questions précises (Chapitre 3) auxquelles nous tenterons de répondre par la suite.

De plus, nous présentons les cinq cas d'étude qui ont constitué le terrain. Ce faisant, nous dressons le profil de la recherche en précisant les différents éléments méthodologiques qui lui sont constitutifs. Nous préciserons notamment notre type d'approche ainsi que notre positionnement en tant que chercheur face à son terrain d'étude. Enfin, le contour de ce dernier sera détaillé afin de permettre de présenter la nature des résultats obtenus. Comme nous pourrions le constater, la plupart des choix sont liés et forment un tout indissociable qui définit intrinsèquement la recherche.

La méthode retenue est inductive et s'inscrit pour l'essentiel dans une approche clinique. Les objectifs des observations qui émaneront du terrain et dont nous rendrons compte dans le Chapitre 4, sont de valider un modèle descriptif du processus de transfert de technologie et de souligner les invariants et les facteurs clefs qui influent sur ce processus. Ceci a permis une compréhension renouvelée du concept de transfert de technologie. Nous présentons dans cette étude, le transfert de technologie comme une dynamique des compétences où chaque acteur participe à la construction des connaissances produites. Cette vision sera vérifiée au niveau micro grâce à l'étude approfondie des échanges entre les parties prenantes. Un intérêt particulier est porté aux dimensions matérielle (objets intermédiaires) et immatérielle (échanges oraux). L'analyse des données collectées sur le terrain, détaillée dans le Chapitre 5, a permis de démontrer la non linéarité du processus de transfert de technologie au niveau micro et de souligner l'importance des objets dans ce processus. En conséquence, un nouveau facteur de succès qui s'intéresse au niveau de matérialisation dans un projet de transfert a été proposé. Dix facteurs de succès parmi les 37 facteurs identifiés dans la littérature ont été validés et 17 bonnes pratiques ont été proposées.

## **1.1. Contexte : Vision systémique et sciences de l'ingénieur dans un cadre collaboratif**

Le Transfert de Technologie (TT) est devenu un enjeu majeur tant pour les institutions politiques que pour les acteurs économiques (Kumar and Jain 2002). L'objectif principal d'un projet de transfert de technologie est de gérer des flux de connaissances et mutualiser des équipements afin de renforcer le capital de compétences et le savoir-faire des parties prenantes.

On compte des exemples célèbres d'opérations de transfert de technologies, certaines impliquant des récipiendaires de prix Nobel. Ainsi les travaux du Français Albert Fert (Prix Nobel de Physique 2007) sur la magnétorésistance ont connu des applications directes dans l'industrie informatique et plus précisément pour la lecture des informations stockées dans un disque dur. Cette recherche et ses développements ont été menés dans le cadre d'une unité mixte CNRS / Thalès. Le CNRS tire 90% de ses revenus de son portefeuille de brevets des résultats de recherche sur le Taxol (médicament utilisé en chimiothérapie). Ce produit est élaboré et vendu par Rhône Poulenc Santé qui est intervenu tôt dans les phases de développement.

Depuis les années 2000, la Région et l'Etat accompagnent les structures régionales et nationales de transfert de technologie à travers leurs projets de diffusion et de transfert de technologie. Des comités d'instruction technique du transfert de technologie composés des services de l'Etat et de la Région examinent les projets qui leur sont soumis et émettent un avis sur leur viabilité. L'accompagnement financier des projets retenus est assuré par la Région et/ou l'Etat grâce à des organismes tels que la Délégation Régionale à la Recherche et à la Technologie (DRRT), la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE), OSEO... et les fonds structurels européens FEDER. L'implication d'acteur tel que le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) dans le financement des projets de transfert de technologie traduit la volonté au niveau européen de promouvoir la compétitivité grâce au transfert de technologie. Le lancement, par le gouvernement, des pôles de compétitivité, en 2005, a été un catalyseur pour la multiplication des projets de transfert de technologie. C'est dans le cadre du pôle collectif « MATERIALIA<sup>3</sup> » que le pôle de compétence en brasage baptisé MATBRAZ est créé. Le brasage est une technique d'assemblage de matériaux. Ma thèse s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre le CRITT METAL 2T (CM2T), l'Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL), plus précisément l'Équipe de Recherche sur les Processus Innovatifs (ERPI) et les industriels lorrains pour promouvoir le transfert de la technologie d'assemblage par le brasage auprès des entreprises de la région Lorraine. Elle rentre dans le cadre d'un programme soutenu financièrement par la DRIRE, le FEDER, la DRRT, le Conseil Général 54, le Conseil Régional de Lorraine et la CUGN (Communauté Urbaine du Grand Nancy). Elle vise à mieux comprendre le processus de transfert et à identifier les invariants de ce processus. Elle vise également à proposer un modèle descriptif du processus de transfert de technologie.

Cette recherche s'inscrit dans la tradition de recherche du laboratoire ERPI. Nous abordons donc notre problématique du point de vue des sciences de l'ingénieur et plus

---

<sup>3</sup> MATERIALIA est un pôle leader de l'innovation collaborative en matériaux et procédés ([www.materialia.fr](http://www.materialia.fr)). Il résulte de la fusion du pôle de compétitivité lorrain MIPI (Matériaux Innovants Produits Intelligents) et du pôle champardennais P2MI (Procédés de Mise en Œuvre des Matériaux Innovants).

particulièrement avec une vision systémique. Comme tout choix, ce dernier présente des limites. D'autres approches auraient sans aucun doute donné d'autres résultats. Aussi, notre contribution ne se veut en aucun cas exclusive, mais complémentaire à ce qui a pu être écrit sur les transferts de technologie. De plus, les théories portant sur l'innovation et particulièrement le transfert de technologie sont présentes dans de nombreuses disciplines scientifiques.

Notre étude porte sur cinq projets de TT en brasage réalisés avec cinq entreprises différentes. Les différents projets sont suivis au jour le jour. Une attention particulière est portée aux échanges entre l'entreprise qui souhaite acquérir ou améliorer le procédé de brasage et un Centre de Transfert de Technologie (CTT). Ce dernier a la capacité de développer et de transférer la solution adéquate à la demande de l'entreprise et de l'accompagner pour la mettre en place.

Dans les projets de TT, de nombreux acteurs (services à l'intérieur d'une entreprise, mais aussi l'université, les centres de transfert et d'autres organisations) doivent coordonner leur travail, et collectivement utiliser les ressources et savoir-faire disponibles afin d'atteindre les objectifs fixés du projet, en notant toutefois que la notion d'« objectifs fixés » traduit mal la réalité en matière d'innovation. Très souvent l'intention initiale de coopérer n'est pas accompagnée par une vision très précise du futur produit ou service à créer. Ainsi le démarrage d'un projet de TT n'est pas toujours associé à des objectifs précis dans tous les domaines : technique, stratégique, financier... Le transfert de technologie est souvent déclenché par une insatisfaction technique, économique, organisationnel... Les premiers échanges entre les acteurs permettent d'affiner les objectifs du projet de TT.

L'originalité du cadre de cette étude est qu'il réunit des acteurs clefs du paysage économique : (1) organisations publiques et politiques, (2) laboratoire universitaire et centre de transfert et (3) entreprises appartenant au monde industriel. Ces différents acteurs appartiennent à des niveaux de décisions différents (du niveau micro au niveau macro-économique). Chacun de ces acteurs a des objectifs différents des autres. Cependant, tous sont impliqués pour dynamiser l'économie locale. Le Tableau 1 résume les objectifs des différents acteurs clefs d'un TT et leurs échelles de décision relativement à leurs objectifs.

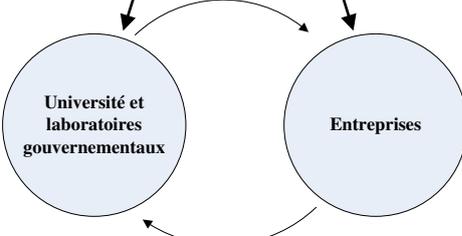
Niveau économique	Acteurs	Objectifs
Macro		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impact économique et social : création d'emploi, lutter contre la délocalisation.</li> <li>• Rapprocher la recherche privée et publique.</li> <li>• Développer certaines zones en difficulté.</li> <li>• Renouveler le tissu économique</li> </ul>
Méso		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaliser des transferts efficaces.</li> <li>• Enrichir leur patrimoine de compétences.</li> <li>• Acquérir une notoriété.</li> <li>• Améliorer l'impact économique des programmes de transfert technologique.</li> </ul>
Micro		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Générer de la valeur et gagner des parts de marché.</li> <li>• Améliorer les connaissances et les savoir-faire.</li> </ul>

Tableau 1. Niveau de décision et objectifs de chacun des acteurs clés de l'étude

## 1.2. Intérêt du brasage comme application

L'assemblage est un processus qui se retrouve dans presque tous les produits fabriqués et qui peut représenter jusqu'à 40% du coût de revient des produits (Fontanili 1999). (Little and Hemmings 1994) citent les résultats d'une enquête aux Etats-Unis qui indique que jusqu'à 53% du temps total de production et 22% du coût de main d'œuvre sont consacrés à l'assemblage. Les technologies d'assemblages prennent ainsi une importance capitale dans la fonctionnalité des produits et la performance des procédés. Ces technologies doivent montrer toujours plus de performance, d'intégration dans le cycle de vie des produits au désassemblage.

Le brasage est un procédé d'assemblage thermique. Il consiste à utiliser la chaleur pour assembler deux ou plusieurs pièces en faisant fondre un métal d'apport. Le choix de cette technologie pour étudier le TT entre une PME et un CTT est particulièrement adapté pour de multiples raisons.

La première raison est d'ordre géographique. En effet, la région Lorraine est historiquement un berceau des industries mécaniques. Durant ces dernières années, ces industries ont connu beaucoup de difficultés et pour faire face à ces difficultés la collaboration avec les centres de transfert pour innover est plus que jamais à l'ordre du jour. Le choix du brasage comme application a été encouragé par la proximité géographique entre les entreprises sélectionnées et les compétences pointues en brasage des deux experts participant à cette étude. Ceci a permis de mener une expérimentation sur une longue durée.

La deuxième raison est d'ordre technologique. En effet, l'intégration des technologies de brasage par les entreprises appartenant aux secteurs choisis pour cette étude (mécanique, aéronautique et spatiale) suppose la production de produits souvent complexes à forte valeur ajoutée. L'objectif des industries appliquant la technologie de brasage est l'amélioration de la

qualité des produits actuels, la réduction des coûts de fabrication et dans certains cas, la substitution de la technologie de soudage. Souvent, les applications de brasage exigent des équipements pour le contrôle de la qualité de la brasure et des surfaces assemblées. Ces équipements de laboratoire sont coûteux et nécessitent des connaissances techniques pointues et généralement inaccessibles aux petites et moyennes entreprises, d'où leurs besoins de monter en compétences pour pouvoir innover grâce à une collaboration avec un centre de transfert et indirectement les laboratoires universitaires. Ceci est en ligne avec notre objectif d'observer la dynamique d'échange lors d'un projet de TT entre une PME et un CTT.

La troisième raison est liée au processus d'acquisition de cette technologie. En effet, comme le montreront nos expérimentations, le brasage ne peut pas se substituer à une autre technologie d'assemblage sans que conjointement soient mises en place des modifications sur des éléments tels que la conception du produit fabriqué, les autres opérations de production ou encore l'organisation industrielle. De ce fait, adopter le brasage revient à innover sur le système industriel, ce qui renforce l'intérêt de son étude.

La quatrième raison est d'ordre politique. En effet, dans le cadre du pôle collaboratif « MATERIALIA » et plus précisément le projet MATBRAZ, suite à une étude prospectivo-économique, les pouvoirs publics ont entamé une action collective. Cette action a pour objectif de promouvoir le brasage dans la région Lorraine en donnant la possibilité aux PME qui souhaitent innover dans cette technologie d'accéder à des aides financières et techniques. Cette volonté politique a été un facteur facilitateur pour la sélection des cas d'étude. L'action collective a permis d'avoir un argumentaire pour que les PME nous ouvrent leurs portes permettant ainsi la réalisation de notre partie expérimentale.

### **1.3. Problématique de la recherche**

Cette recherche découle de plusieurs constats :

- Les limites de la littérature sur le sujet. Le TT comme tout processus doit être modélisé pour en améliorer la connaissance et la maîtrise. Il est illusoire de penser proposer un unique modèle pour des processus aussi complexes. Toutefois, nombre de productions scientifiques portent sur des analyses a posteriori : les chercheurs interrogent les contributeurs après que le processus ait eu lieu ou encore de manière instantanée. Les modèles élaborés sont donc issus le plus souvent d'enquêtes auprès d'acteurs et non d'observations in situ. De ce fait, il reste difficile d'établir un lien entre le modèle et les données d'une part et il est difficile d'avoir une représentation dynamique d'autre part.
- Le deuxième constat effectué lors de la recension des écrits est que les analyses concernent très rarement le niveau micro du TT entre un centre de transfert et une PME alors que ces dernières ont un poids important dans la dynamique économique. Selon l'INSEE, en France, en 2007, les PME ont dépassé 97% du nombre total des entreprises (95% du total des entreprises comptent moins de 20 salariés) du champ industrie-commerce-service (PME.GOUV 2007).
- Le troisième élément déterminant émerge aussi de la revue de littérature qui fait ressortir un grand nombre de modèles du transfert de technologie. Cette multitude de modèles est de granularités très variables, allant de l'échelle du projet (Souder et al. 1990) à l'intra organisation (Malik 2002), ce qui ne favorise pas la compréhension du phénomène.
- Le quatrième constat est de l'ordre de l'ingénierie de l'innovation. L'un de nos objectifs réside dans la contribution aux connaissances concernant le pilotage des

projets innovants et plus particulièrement de TT. Or, peu d'articles s'intéressent au lien entre les modèles théoriques, la description de projet avec ces modèles et les règles de pilotage adaptées à la description obtenue. Ce lien entre des résultats de recherche théoriques et méthodologiques est un élément essentiel de notre recherche.

L'ensemble de ces considérations nous a amenés à chercher de nouveaux éléments de compréhension et donc à aborder autant que possible ce sujet avec un regard neuf. Une recherche au plus près du terrain grâce à l'observation s'imposait alors d'elle-même, ce qui impliquait en grande partie le reste des choix méthodologiques.

La question de recherche de départ qui nous a motivés peut alors être formulée comme suit : « comment décrire et suivre le processus de transfert de technologie entre un centre de transfert et une PME au niveau micro pour une meilleure compréhension et connaissance des phénomènes à piloter ? Comment agir sur ce processus pour mieux le piloter ? ». Cette problématique est traitée dans le contexte spécifique d'un pôle de compétitivité : le pôle collectif « MATERIALIA ». Par ailleurs, soulignons aussi que cette première question est en fait générique : elle englobe d'une part le processus en tant que tel mais aussi le rôle déterminant que semblent devoir jouer les éléments clefs du transfert que sont la technologie, le centre de transfert, la PME et le contexte. Cette première question de recherche est alors affinée en cinq questionnements :

- **Comment décrire et suivre un processus de transfert de technologie entre une PME et un CTT au niveau micro pour une meilleure compréhension et connaissance des phénomènes à piloter ?**

En tenant compte des échanges d'informations, de la construction des objets innovants, des prises de décisions, du degré de confiance entre acteurs, de la multiplicité des acteurs et de la variabilité du nombre de ceux-ci dans le temps, ...

### *1. Le TT est-il une relation « émetteur » « récepteur » ou un échange bidirectionnel dans une optique de construction multi-acteurs ?*

On sait que de nombreux auteurs (Souder et al. 1990; Levin 1993; Harmon et al. 1997; Szulanski 2000) décrivent le TT non pas comme un flux de connaissances unidirectionnel entre un « émetteur » et un « récepteur » (Rogers et al. 2001; Malik 2002) mais comme un échange bidirectionnel. Toutefois peut-on objectiver ces échanges et les caractériser :

- **au niveau temporel :** Quand y-a-t-il échange et quand constatons-nous des apports unidirectionnels ? A quelle phase du projet et selon quelle démarche ?
- **au niveau de la thématique :** Quelles familles de sujets se prêtent au TT ?
- **au niveau de la forme :** Peut-on décrire le TT sous forme d'une dynamique des compétences associant et faisant interagir plusieurs acteurs ? Comment suivre et évaluer la dimension immatérielle qui passe par les canaux oraux de la communication ? Comment étudier et suivre le contenu des échanges immatériels (oraux) mais aussi les échanges matériels (des objets) ? Quels rôles jouent les objets matériels dans le transfert de technologie ?

2. *Quels sont les écarts entre les données empiriques accessibles et les modèles existants (représentations théoriques) du transfert de technologie ?*

« Loin d'être linéaire, le processus d'innovation nécessite de fréquents échanges et confrontations entre les acteurs (Lejosne 2006). Comme dans tout processus d'innovation, on note des évolutions en cours de projet dans l'ordonnement des phases de conception (Boly et al. 2000). « Certains prototypes verront le jour alors que les phases de recherche ne sont pas finalisées, certains choix techniques seront complètement redéfinis alors que l'on se trouve en phase de lancement, etc. » (Lejosne 2006). Nous cherchons donc à faire le lien entre les modèles théoriques actuels du TT et la réalité du terrain (observation au niveau micro). Les limites de ces modèles sont testées en considérant les questions suivantes :

- sont-ils interprétables et justifiables à partir des données empiriques de natures différentes que nous pouvons récolter : documents, transcriptions de réunions, prototype, produit, outil, outillage... Et peut-on s'en inspirer pour les compléter ?
- inversement, l'observation permet-elle de valider la modélisation du transfert de technologie ?

Le transfert de technologie est une histoire d'hommes qui sont amenés à travailler ensemble. La dimension humaine, sociologique voire psychologique est indéniable.

- comment cette dimension humaine du processus de TT est-elle prise en compte dans les modèles de TT existants ?

De plus, dans la littérature, les modèles existants distinguent des phases dans le processus de transfert de technologie (Trott et al. 1995; Gilbert and Cordey-Hayes 1996; Szulanski 2000). Cette notion de phasage a été investiguée de la manière suivante :

- à quoi peut-on identifier ces phases dans le cadre de notre terrain expérimental ?
- quelles relations entre ces phases et le contenu des échanges ? Il s'agit d'établir une relation entre les modèles composés de phases et les conclusions précédentes relatives à une vision du TT sous forme d'échanges.
- existe-t-il des objets clefs pour certaines phases du processus ? Ainsi sera précisé le rôle des objets matériels dans le TT.
- quelle est l'unité temporelle (quelle durée ?) pour ces phases et pour les projets de transfert d'une manière générale ?

- **Comment agir sur le processus de transfert de technologie entre une PME et un CTT au niveau micro pour mieux le piloter (recherche méthodologique)**

**3. *Quels sont les facteurs associés au déroulement du processus qui conditionnent le succès dans le transfert de technologie ?***

La décision de substituer une technologie par une autre même partiellement génère souvent plusieurs changements au sein d'une entreprise. Le TT relève donc d'une décision stratégique importante puisqu'il va conduire à une évolution de l'entreprise dans plusieurs domaines (production, qualité...). La nature des critères (technologique, humain, produit, environnement, organisation et méthodes) est donc à prendre en compte pour augmenter les chances de réussite du TT. Le but serait de définir quels facteurs externes et internes au projet de TT favorisent ou au contraire inhibent le succès du processus de TT. Plusieurs auteurs se sont intéressés à la recherche de ces facteurs (Souder et al. 1990; Carr 1992; Kumar and Uruthirapathy 2007). Certains les ont classifiés en catégories. De ce fait, nous nous sommes intéressés à :

- comment mesure-t-on le succès du TT ?
- quels facteurs sont observables et quelles classifications retenir au niveau micro ?
- comment apprécier et mesurer ces facteurs en pratique ?

**4. *Comment comparer des processus pour identifier les sources de variabilité et les phénomènes invariants pour une meilleure prise de recul ?***

Les projets de transfert d'une même technologie peuvent présenter de grandes variabilités liées aux acteurs, à l'application et à l'environnement. Identifier les sources de variabilité et les invariants permet d'aller vers une vraie adaptation du pilotage du projet grâce à l'identification des leviers d'actions potentiels. Ainsi, nous avons mis au point un protocole d'observation visant à déterminer des invariants dans le but de :

- mieux décrire la variabilité,
- extraire des bonnes pratiques.

**5. *Comment aider un décideur ou un financeur à suivre le déroulement d'un projet de transfert de technologie ?***

- Quelles données et quelles conclusions dans le domaine de l'ingénierie découlent de l'observation du TT au niveau micro ?
- Peut-on par des observations en cours de projet, caractériser celui-ci et proposer des modes de pilotage spécifiques ?
- Peut-on identifier des invariants au niveau micro et en déduire des « bonnes pratiques de pilotage » ?

En synthèse, et au regard de la littérature, notre recherche est caractérisée par le fait que nous travaillons au niveau « micro » (observation des phénomènes au niveau des groupes de conception) et de manière dynamique (présence longue dans les projets). Elle porte sur les dimensions suivantes :

- Théorique : nous avons analysé les modèles actuels et avons apporté une contribution en élaborant une représentation intégrant une « entreprise virtuelle et temporaire »,
- Empirique : nous avons utilisé les modèles proposés sur des cas réels pour en évaluer les limites et les intérêts et pour améliorer la connaissance des phénomènes de TT. Ainsi, nous proposons de distinguer l'apport de chaque acteur dans la construction de la connaissance en insistant sur la dimension matérielle,
- Méthodologique : nous avons proposé une série de règles de pilotage du TT.

Finalement, pour résoudre les questionnements posés découlant de notre problématique générale et s'adapter au contexte de l'étude, nous avons ressenti le besoin de mettre au point un protocole expérimental pour l'extraction des données qualitatives et quantitatives recueillies. Ce protocole a été instrumenté par des outils et méthodes pour traiter et analyser la masse des données obtenues sur le terrain. La maturation de notre revue de la littérature détaillée dans le Chapitre 2, ainsi que nos premiers constats sur le terrain, nous ont permis de proposer un modèle du déroulement du processus de transfert de technologie à l'échelle du projet. L'observation terrain de cinq cas d'étude a permis aussi d'appliquer ce modèle et de déterminer les invariants entre les différents cas d'étude. L'analyse des données récoltées nous a permis de présenter douze invariants au niveau micro du TT et de déduire dix-sept « bonnes pratiques de pilotage ». L'observation au niveau micro a fait ressortir l'importance des objets intermédiaires. Le concept d'Objet Intermédiaire de Transfert (OIT) inspiré des Objets Intermédiaires de Conception (OIC) a été introduit dans le Chapitre 3. Un facteur de succès associé au niveau de matérialisation en objets a été proposé en plus de la validation des 10 facteurs de succès sur les 37 identifiés dans la littérature.

En pratique, nous constatons que la revue de la littérature a souvent été simultanée à nos travaux de terrain, ce qui a permis de développer les cinq questionnements posés et de reformuler plus clairement les apports de cette thèse. Nous présenterons le cheminement du processus de maturation de la problématique, ainsi qu'une version plus détaillée de cette dernière dans le Chapitre 3, paragraphe 3.2.

## **1.4. Design de la recherche**

Nous présenterons dans ce qui suit les orientations prises par cette recherche. Nous insisterons notamment sur les spécificités qui ont découlé du fait que nous considérons le transfert de technologie en tant que mode d'innovation (cette considération est justifiée dans le chapitre état de l'art) qui structure en grande partie notre compréhension du transfert de technologie. Enfin, nous achèverons notre présentation par une réflexion sur les risques potentiels qui découlent des chemins empruntés. La Figure 1 résume de manière simplifiée les grands traits de cette recherche. Cette figure a le mérite de rappeler les mots clefs de nos choix, bien que la démarche réelle a été beaucoup plus complexe. En effet, mener une activité de recherche avec une partie expérimentale sur le terrain de cinq cas d'étude différents et autant de projets, nous a amenés souvent à remettre en question nos choix et à affiner notre approche. Ceci est en cohérence avec une recherche que nous assumons comme constructiviste.

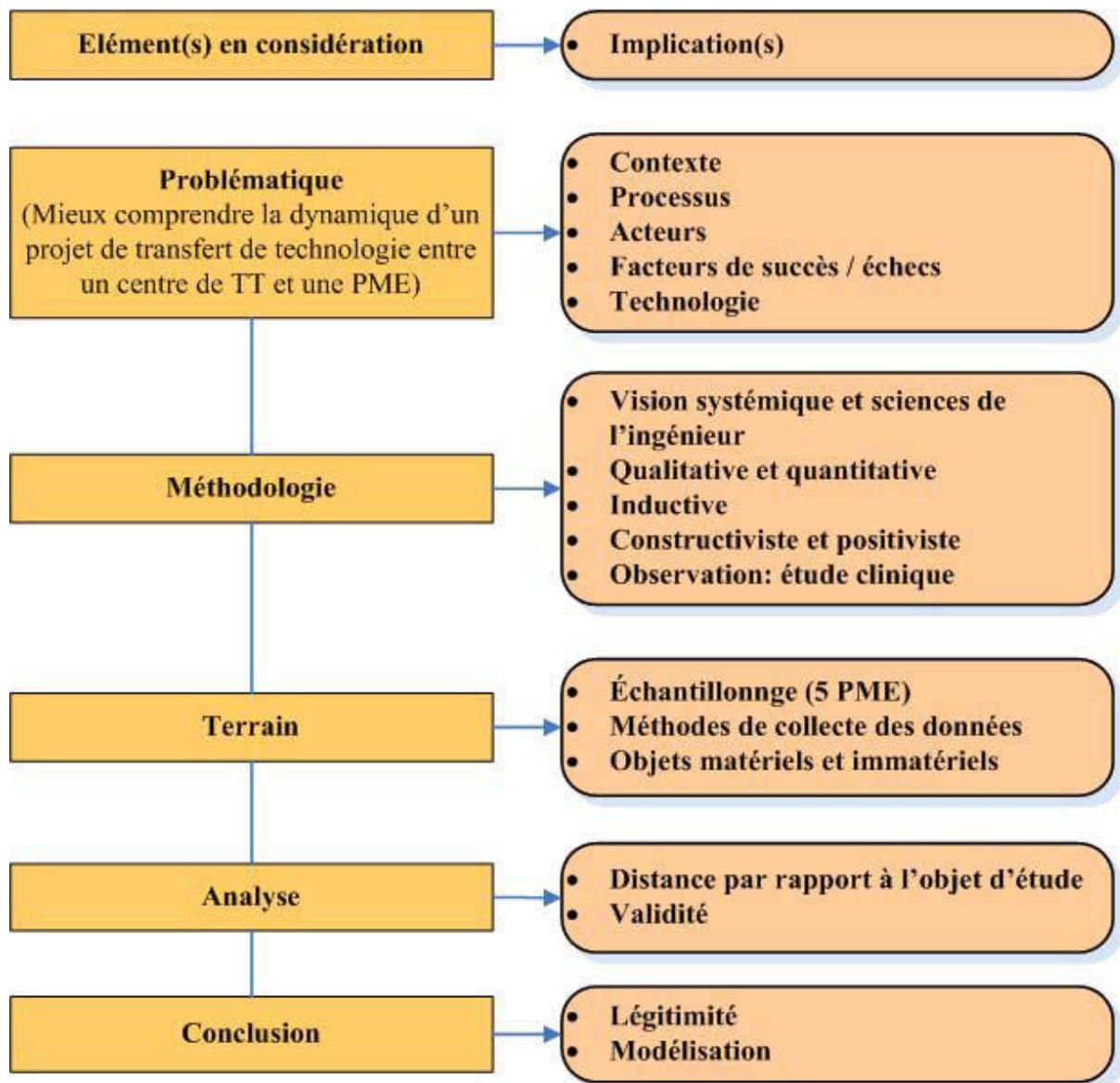


Figure 1. Design de la recherche

#### 1.4.1. Les choix méthodologiques

L'étude de l'innovation et des projets fait appel à des méthodologies variées. De manière générale, l'objectif de ces méthodes est à la fois l'étude des problèmes pratiques et la recherche qui vise la construction et le test de théories (Lundin and Wirdenius 1990), ce qui revient à reconnaître qu'un problème empirique, quand on cherche à le résoudre, pose inévitablement des questions théoriques (Lenfle 2008). Le rattachement de cette méthode au courant constructiviste est évident.

(Garel 1998) cité dans (Lenfle 2008) classe les méthodes de recherches visant à étudier une organisation en croisant deux critères : inductif / déductif et descriptif / normatif.

	<b>Descriptif</b>	<b>Normatif</b>
<b>Déductif</b>	<b>Les enquêtes par questionnaires</b> Ces travaux sont orientés vers la comparaison, souvent internationale, des pratiques d'entreprises sur un certain nombre de variables (la structure, le portefeuille, la performance).	<b>Les travaux prescriptifs formalisés</b> A partir de l'étude de problèmes organisationnels, ils ont pour objet d'élaborer et d'appliquer des algorithmes à des problèmes concrets de gestion de projet afin d'aider les organisations à les résoudre.
<b>Inductif</b>	<b>Les études de cas typiques</b> Il s'agit, à partir d'études cliniques ou par questionnaires, de réaliser, généralement, a posteriori, des monographies afin de constituer des typologies. L'intérêt de cette démarche est de comprendre la cohérence des cas et de mesurer la distance qui les sépare pour aboutir à la formalisation de types idéaux	<b>Les études cliniques</b> Le chercheur intervient dans des organisations à leur demande pour suivre, généralement, en temps réel, le déroulement d'un projet.

**Tableau 2. Classification des méthodes de recherches ((Garel 1998) cité dans (Lenfle 2008))**

Plus précisément, en se basant sur la classification de (Garel 1998), notre démarche s'inscrit dans une logique de recherche clinique qui a consisté à intégrer le projet MATBRAZ du pôle collectif MATERIALIA. Le but est d'observer le processus de transfert de technologie entre un centre de transfert qui a des liens proches avec l'université tout en étant indépendant dans sa gestion des affaires industrielles et une PME. Cette intégration est faite à la demande des financeurs de l'action collective MATBRAZ, le but étant de réaliser un suivi, en temps réel, du déroulement de différents projets de transfert de technologie.

L'objectif d'étudier des projets de transfert de technologie en temps réel représente le socle de la méthodologie retenue. Tous les choix effectués découlent de cet aspect. Le caractère inductif de cette recherche en est le premier corollaire immédiat, dans la mesure où c'est le terrain qui sera à l'origine des développements théoriques qui suivront sa présentation. De plus, du fait qu'il s'agisse d'une recherche qui vise à capter la dynamique d'un processus, l'observation empirique se doit de précéder la théorisation. Cette dernière ne pourra en effet être validée (au moins partiellement) qu'en fonction du terrain. Ce caractère inductif de la recherche montre toute l'importance des choix effectués concernant la méthode d'observation du terrain.

Cette démarche est donc particulièrement adaptée à une recherche où le chercheur souhaite comprendre un milieu ou un processus qui lui est étranger au départ (Lejosne 2006). Elle aide ainsi à dépasser la simple description pour entrer dans une compréhension plus fine, non seulement du sens et de la dynamique des processus qu'il observe, mais aussi des savoirs pratiques des acteurs. L'interaction longue et rapprochée avec le terrain permet d'accéder au plus grand nombre d'informations émanant du terrain (c'est peut être la seule méthode à le faire), ce qui peut aussi constituer une difficulté tant ces informations peuvent être de diverses natures (Lenfle 2008).

Ce faisant, cette recherche se réclame du constructivisme au sens de (Girod-Seville and Perret 2007) et (Lemoigne 1995) qui présentent les construits théoriques comme des approximations, valables à un moment historique donné en fonction de préoccupations sociales et de connaissances disponibles. Ainsi, le constructivisme apparaît comme l'intention d'une élaboration théorique basée sur les résultats empiriques fournis par le terrain de recherche. La réalité se bâtit alors collectivement par confrontation des représentations individuelles. L'observation et la modélisation sont des phases de construction progressive

d'un projet de recherche, chacune devant être utilisable pour définir de nouvelles représentations.

L'observation clinique fournit de ce point de vue le matériau idéal pour une telle démarche de théorisation du transfert de technologie dans la mesure où celui-ci peut alors être perçu dans son ensemble.

On peut conclure que nos travaux se situent dans deux cadres théoriques successifs : positivisme et constructivisme, ce qui est courant en management (Girod-Seville and Perret 2007). Notre analyse et nos observations concernant le processus de transfert de technologie en PME, présentées dans le chapitre expérimentation, relèvent premièrement du positivisme puisqu'elles cherchent à faire émerger des faits sous-jacents au sein d'un ensemble de phénomènes observables : par exemple, quels sont les invariants dans le phasage des projets de transfert de technologie. Il s'agit de mieux comprendre des faits : la variabilité des processus régissant l'évolution des projets de TT. De plus, notre recherche réside clairement dans la construction de nouveaux modèles basés sur une confrontation avec d'autres chercheurs et des acteurs de terrain. Lors de tous nos développements, nous avons précisé les contextes d'étude ainsi que nos intentions. Nos présentations sont en effet à aborder dans leur contexte.

#### **1.4.2. Des risques... mais mesurés**

Il nous paraît aussi difficile d'évoquer et de théoriser un processus sans en être un minimum témoin, c'est-à-dire en suivant son évolution et sa dynamique. Selon notre approche, le contact avec le déroulement du processus constitue selon nous un élément central de la légitimité de l'observateur. Cependant, cette posture présente des risques.

Le premier risque est relatif à la neutralité du chercheur. En effet, l'adoption d'une démarche clinique nous éloigne évidemment de la position classique du chercheur, détaché de son objet d'étude et cherchant à modifier le moins possible la réalité qu'il étudie pour garantir l'objectivité des observations. On peut en effet s'interroger sur la nécessité d'éviter l'interaction entre le chercheur et son objet pour atteindre l'objectivité. Dans ce contexte, nous rejoignons la position défendue par (Lundin and Wirdenius 1990) pour qui « *the world is always in a process of change and observations are part of this change. (...) the researcher cannot undertake active research in the system, and at the same time avoid being part of that system. We become part of changes that we are there to study, and there is usually no way of steering clear of this situation (...). so the question of distance and closeness to the studied system cannot have any kind of simple solution, particularly if we are most interested in the dynamics of the system* » (p. 136). Finalement, la recherche ne serait-elle pas, par essence, un processus d'interaction ? Dans notre cas, le chercheur intègre partiellement une organisation à sa demande. Un processus d'interaction va s'engager qui va permettre à ce dernier de comprendre le choix et les postures des différents acteurs et une prise de recul sur le processus de transfert. Dans cette perspective, le processus de recherche doit être conçu comme un processus d'apprentissage du chercheur. Ce processus doit permettre de produire des connaissances ayant une pertinence théorique et pratique. (Edmondson and McManus 2007) défendent d'ailleurs ce point de vue en opposant une vision linéaire de la recherche de terrain à une vision plus itérative. (Lenfle 2008) note que l'objectif final de la vision présentée par (Edmondson and McManus 2007) se limite à la publication dans une perspective académique. Or, il existe d'autres livrables non moins importants tels la conception d'outils ou de modèles ayant également une utilité pour l'organisation étudiée. Dans notre cas, des invariants et des bonnes pratiques ont été mis en exergue pour qu'ils soient pertinents pour les décideurs et les financeurs des différents projets observés.

Le deuxième risque est relatif à l'objectivité. En effet, la proximité entre le chercheur et son terrain constitue une force pour collecter les données, mais peut également devenir une faiblesse. Un des principaux risques auxquels est soumis le chercheur sur le terrain est de perdre la distance vis-à-vis de l'objet observé et de trop intégrer les modes de raisonnement des acteurs au détriment de la production de connaissances scientifiques. D'où le besoin d'un travail en équipe pour suivre, discuter et orienter le travail de recherche. Le chercheur doit restituer l'avancée de ses travaux et ses résultats. Ce travail d'explicitation et de restitution à autrui constitue une mise à l'épreuve des savoirs produits (Nonaka 1994).

(Lenfle 2008) distingue quatre espaces dans lesquels évolue le chercheur intervenant dans une organisation : *le terrain*, *l'environnement de recherche* (composé de l'ensemble des dispositifs entourant le chercheur et qui jouent un rôle déterminant dans la trajectoire de la recherche), *la littérature* (elle permet une meilleure compréhension et modélisation des phénomènes observés. Une restitution suppose de montrer quelle littérature a été mobilisée par le chercheur et à quel moment) et *les productions de la recherche* (qui peuvent prendre la forme de monographies, d'outils, de modèles ...).

Dans ces quatre espaces, nous avons fonctionné dans une logique d'équipe pour assurer le travail de restitution et d'explicitation.

Un troisième risque est lié au choix de l'échantillon observé. Une démarche d'observation sur le terrain pose la question de la représentativité statistique de l'échantillon et la reproductibilité des résultats obtenus, dans la mesure où les résultats sont strictement contingents au contexte dans lequel ils ont été formalisés. En ce qui concerne notre recherche, nous avons privilégié un échantillon relativement homogène favorisant une compréhension en profondeur. A ce titre, il s'agissait de choisir des entreprises engagées dans un processus de transfert de technologie de brasage. Ces PME développent un procédé industriel nécessitant d'importer un savoir-faire externe à l'entreprise dans la mesure où il n'était pas disponible en interne. Au final, ces PME ont donc en commun un projet innovant qui bouscule leur routine. Avec cinq cas d'étude, la généralisation est certainement à prendre avec précaution. Cependant, en fournissant au lecteur le terrain, ce dernier a la possibilité de transposer ou non les conclusions à d'autres situations. Ces conclusions, rappelons-le, découlent des faits observés. L'utilisation de ces éléments théoriques est donc valide dans la mesure où ils sont validés empiriquement par nos cas. Il s'agit d'une des richesses des théories qualitatives que de permettre de généraliser sans excès, en respectant notamment les contours de ce qui a été donné à comprendre. Le rappel des cas constitue le garant de l'interprétation des conclusions obtenues. A ce titre, la généralisation des concepts développés apparaît possible dans une certaine mesure : il appartient surtout au lecteur de la déterminer face à sa propre expérience.

Par exemple, la reprise de la méthodologie d'observation dans le cadre d'autres projets de transfert de technologie ou plus largement dans le cadre d'un travail collaboratif nous paraît possible.

## **1.5. Présentation des cinq cas d'étude**

Dans cette étude, cinq projets de transfert de la technologie de brasage réalisés avec cinq entreprises différentes ont été sélectionnés. Pour des raisons de confidentialité, ces entreprises sont nommées A, B, C, D et E. La Figure 2 résume l'environnement de ces projets. Trois acteurs principaux forment cet environnement : les instances universitaires, les industriels impliqués dans le projet MATBRAZ et les organismes gouvernementaux régionaux. A côté de ces acteurs clefs, d'autres acteurs influencent le projet de TT tels que les clients, fournisseurs, sous-traitants, ...

La volonté de suivre plusieurs projets en même temps et d'une manière exhaustive avec une longue période d'observation sur le terrain (34 mois), nous a imposé un nombre limité de projets. En effet, la qualité et la durée de l'observation ont été privilégiées. En outre, la variété est favorisée en termes de niveau technique des entreprises concernées, ainsi que les objectifs ultimes des projets de transfert. La période d'observation a débuté en décembre 2006 pour se terminer en septembre 2009. CM2T et l'Institut de Soudure ont été les centres de transfert de cette étude. La méthode de sélection de ces cinq cas d'étude est détaillée dans le Chapitre 4, paragraphe 4.3.1.

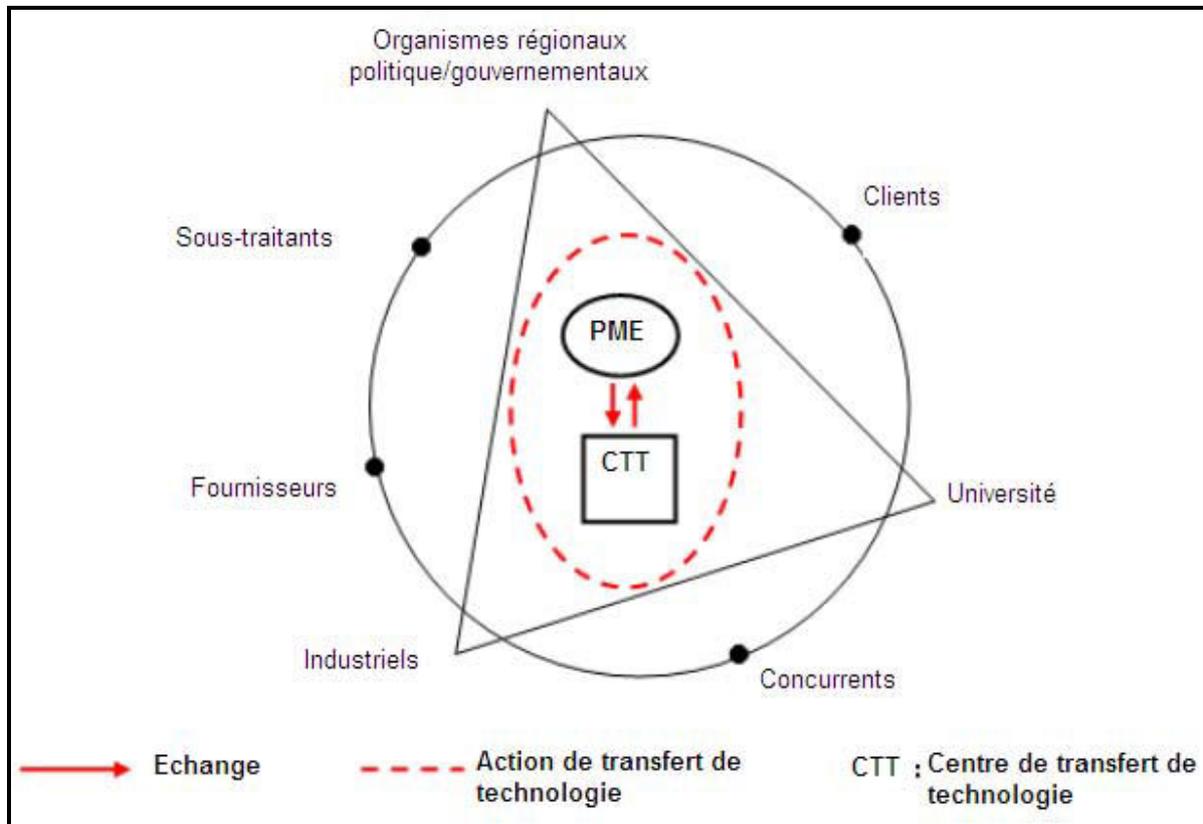


Figure 2. Environnement du transfert de technologie

Le Tableau 3 donne une description des différents projets de transfert suivis dans le cadre de cette étude. Toutes les PME appartiennent à la région Lorraine. La plus petite en taille (E) compte 9 personnes. La plus grosse (D) compte 100 personnes. Leurs chiffres d'affaires varient entre 2 et 11 millions d'euros. La période d'observation individuelle de chaque entreprise a varié entre 3 et 24 mois. Ces projets appartiennent à des secteurs d'activités différents : aérospatiale, aéronautique, mécanique, équipements agricoles.

	Dép.	Secteur d'activité	Description du projet	Effectif	CA 2008 (M€)	Période d'observation (mois)
A	57	Aérospatiale	Substitution d'une technologie de brasage par une autre technologie de brasage sur une ligne de produits. => La collaboration a pris la forme d'un projet avec des jalons à respecter. => Le transfert de technologie était un objectif du projet.	80	9,5	24
B	54	Equipements agricoles	Création d'une nouvelle activité basée sur le brasage. La maîtrise de la technologie et l'identification des débouchés commerciaux ont été demandées. => La collaboration a pris la forme d'un partenariat. => Le transfert de technologie était un objectif.	60	9,56	12
C	88	Mécanique	Optimisation de la qualité du processus de brasage => L'entreprise exprimait une série de problèmes techniques à résoudre. => L'expert diagnostique un problème plus transverse de TT.	57	7,05	13
D	57	Aéronautique	Assemblage de matériaux exotiques avec le brasage. Aide à la conception et la réalisation des pièces pour favoriser leurs assemblages et leurs instrumentations grâce à des Thermocouples. => La collaboration a pris la forme d'un partenariat pour réaliser un projet important pour un client spécial. => Le transfert de connaissances est une conséquence d'une collaboration à long terme entre les mêmes acteurs.	100	11 (2007)	18
E	54	Mécanique	Mise au point d'un protocole pour réaliser un assemblage brasé à la flamme. => Le transfert et la mise en place de la technologie est un objectif.	9	2	3

**Tableau 3. Présentation des cinq entreprises observées**

Les projets observés sont des projets d'innovation essentiellement orientés vers de nouveaux procédés. Le degré de nouveauté peut être qualifié d'incrémental selon les systèmes d'évaluation actuels (évaluation de (Garcia 2002) par exemple). On note que, dans trois projets, les connaissances mobilisées pour concevoir les produits ou procédés sont jugées moyennement innovantes au regard de ce que les connaissances technologiques actuelles peuvent permettre (voir Tableau 4). Le Tableau 4 donne un descriptif du type et de la nature du processus d'innovation engagé dans les projets observés. Les cinq projets n'ont pas fait appel en phase développement à des activités de recherche fondamentale. Toutefois, on voit que le « saut technologique » pour les PME n'est pas anodin. Il nécessite un changement interne et un apprentissage plus ou moins long. Sans l'intervention de l'expert, le développement aurait été très problématique.

Entreprise	Type d'innovation <b>Quoi ?</b>	Nature de l'innovation <b>Comment ?</b>	Impact de l'innovation <b>Où ?</b>		Description du projet <b>De quoi s'agit-il ?</b>
			Interne	Externe	
A	Procédé	Incrémental	Fort	Moyen	Substitution du brasage en bain de sel par le brasage sous vide sur une ligne de produits.
B	Procédé	Incrémental	Moyen	Moyen	La maîtrise de la technologie de brasage par induction et l'identification des débouchés commerciaux.
C	Procédé	Incrémental	Faible	Faible	Optimisation de la qualité du processus de brasage par induction.
D	Business model / Produit	Incrémental	Moyen	Moyen	Brasage de thermocouples sur des pièces fabriquées par des matériaux exotiques.
E	Procédé	Incrémental	Moyen	Nul	Mise au point d'un protocole d'assemblage par brasage à la flamme.

**Tableau 4. Description du type, nature et impacts de l'innovation dans les cinq projets observés**

## Chapitre 2. Etat de l'art : vers une vision complexe du Transfert de Technologie

*« La connaissance s'élabore contre une connaissance antérieure ».*

**Gaston Bachelard**

### **But du chapitre**

Le transfert de technologie ressemble à une expérimentation continue, expérimentation qui se déroule sur une grande échelle et qui fait collaborer toute une série d'acteurs, dans laquelle les commerciaux côtoient les ingénieurs, les usagers dialoguent avec les chercheurs. Le but est alors de favoriser autant que possible les échanges, ce qui implique une interaction étroite, entre autres : entre technologies et savoirs scientifiques, entre technologies et besoins des acteurs et entre technologies et besoins du marché. Tout au long de ce chapitre, nous essayerons de mieux comprendre ce phénomène qu'est le transfert de technologie, de parcourir les composantes principales (flux, modèles, mécanismes, facteurs influents, acteurs) qui servent à le modéliser et agir sur son efficacité. Nous allons, en particulier, montrer que le transfert de technologie est une dynamique complexe qui implique plusieurs acteurs et flux de natures différentes, ce qui justifie son étude du point de vue de l'ingénierie système. Traiter le TT de ce point de vue n'avait pas été abordé, à notre connaissance, par la littérature de ce domaine. Cette dernière aborde principalement deux axes de recherche. Le premier est orienté vers la conceptualisation et la modélisation des processus de transfert de technologie (Harmon et al. 1997; Szulanski 2000; Amesse and Cohendet 2001; Malik 2002). Le deuxième met en évidence l'identification des variables externes qui influent sur ce processus et son évaluation (Van Den Beemt 1997; Greiner and Franza 2003; Kumar and Uruthirapathy 2007).

## 2.1. Définition du Transfert de Technologie (TT)

### 2.1.1 Relation du Transfert de Technologie avec l'innovation.

Le terme « Innover » tire sa racine du mot latin « innovare » de « novus », nouveau. Il s'agit selon Le Larousse « d'introduire quelque chose de nouveau pour remplacer quelque chose d'ancien dans un domaine quelconque ». L'acte d'innovation n'est évidemment pas l'apanage d'un domaine en particulier. Dans l'encyclopédie de l'innovation dirigée par Philippe Mustar et Hervé Penan, l'innovation se conjugue dans des champs aussi divers que la gestion, la sociologie, la finance, la politique, le marketing, les sciences de l'ingénieur...

Selon la définition donnée par la norme IEEE-STD-610, le processus d'innovation est défini comme étant l'ensemble des activités, méthodes, pratiques et transformations qui vont être utilisées pour développer et maintenir un certain niveau d'innovation (Produit-Processus-Organisation). En se basant sur la recherche bibliographique menée par (Garcia 2002), il est possible de définir l'innovation comme un processus itératif initié par la perception d'un nouveau marché et/ou d'une nouvelle opportunité de service pour une invention technologique qui mène à des tâches de développement, production et de commercialisation agissant pour le succès commercial de l'invention.

L'innovation est un processus incertain et risqué. Pour (Boly et al. 2000), l'incertitude réside dans l'impossibilité de décrire avec précision des événements qui ne se sont pas encore produits. Notre maîtrise des faits et notre compréhension des phénomènes générés par le processus d'innovation sont également entachées d'imprécision. L'innovation technologique, commerciale et/ou organisationnelle, est risquée puisqu'elle prend forme dans un environnement mouvant et changeant.

La distinction entre les différents types d'innovation se décline principalement suivant deux niveaux : le premier porte sur les applications (produit, procédé, organisation, commerce, ...) qui découlent de l'innovation, le second en représente son ampleur.

Les applications de l'innovation peuvent être très diverses. Elles sont pour l'essentiel regroupées en trois catégories :

- L'innovation de produit qui peut concerner tant son aspect (taille, design) que son contenu technique (matériau, changement énergétique, ...). L'objectif de l'innovation vise alors à améliorer son esthétique ou son utilité vis-à-vis d'un marché donné, dans le cadre par exemple d'une politique de différenciation avec la concurrence.
- L'innovation de procédé repose sur l'outil de production auquel on apporte des modifications en vue d'améliorer différents critères (qualité, productivité, ...).
- L'innovation organisationnelle touche spécifiquement la structure de l'entreprise en modifiant par exemple la répartition des tâches. Ceci peut se faire en son sein, mais peut aussi concerner les liens avec des entités extérieures. Le but est alors de rendre l'organisation plus efficace par rapport à divers objectifs (rentabilité, flexibilité, diversification, ...).

L'ampleur de l'innovation s'évalue surtout en fonction de l'impact qu'induit cette dernière. On parle d'innovation de rupture ou d'innovation incrémentale :

- L'innovation radicale induit des changements profonds éloignés des savoirs traditionnels. Certains l'associent à la présence d'un personnel hautement qualifié

avec, par exemple, la mise en œuvre d'une activité de R&D. On l'évoque le plus souvent dans les secteurs de pointe que sont l'aéronautique ou l'informatique.

- L'innovation incrémentale, au contraire, fait appel à des changements complémentaires et modérés dans leurs implications. Ils visent souvent l'amélioration de certains aspects quotidiens de la production ou de l'utilisation du produit.

(Khalil 2000) a défini le processus d'innovation technologique comme étant un « ensemble complexe d'activités qui transforme les idées et la connaissance scientifique en une réalité physique et des applications du monde réel. C'est un processus qui convertit la connaissance en produits et services utiles qui auront un impact socio-économique. Il requiert l'intégration d'inventions et de technologies existantes pour conduire les innovations sur le marché ».

(Bougrain and Haudeville 2002) soulignent que les stéréotypes associent généralement l'innovation aux travaux d'un scientifique de génie qui peut proposer de nouveaux concepts, aller à contre-courant, montrer avec obstination le succès de ses idées. En effet, l'innovation et les découvertes scientifiques sont attribuées à des individus. Les prix décernés chaque année par la Fondation Nobel illustrent parfaitement cette situation. Les auteurs précisent que cette image emblématique est trompeuse et rappellent que tous les résultats scientifiques et technologiques notoires ont été mis au point grâce à de nombreuses contributions et non à des créations individuelles. Les innovations réussies apparaissent fortement dépendantes d'un processus essais et erreurs, d'incertitude et de compromis entre plusieurs acteurs.

La croissance des alliances stratégiques durant les années 1980 illustre cette situation (Hagedoorn 1995). L'environnement technologique dans lequel évoluent les entreprises a été transformé. La technologie est devenue si complexe qu'elle ne peut pas être manipulée que par des individus seuls. Apprendre de l'autre prend une très grande importance pour avancer vers le succès. Même les plus grandes entreprises ont été touchées par le déclin d'une technique auto-suffisante (« the declining technical self-sufficiency ») (Fusfeld 1986). C'est dans ce contexte que le processus de TT prend toute cette importance.

Il nous semble important de préciser ce que nous entendons par technologie ou système technologique. (Boly 2009) citant (Castagne 1987) précise que la technologie recouvre un ensemble de connaissances scientifiques et techniques ainsi que des connaissances connexes liées à l'industrialisation des premières. Par connexes, on entend : stratégiques, commerciales, financières, organisationnelles, administratives... La technologie est donc une combinaison de savoirs soutenus par des équipements industriels dont on peut donner les caractéristiques suivantes (Ait-EL-Hadj and Boly 2009) :

- des connaissances techniques,
- des savoirs connexes liés à l'industrialisation,
- un ensemble spécifique du couple produit / procédé,
- un système en évolution,
- un ensemble personnalisé et spécifique à l'entreprise support,
- un univers complexe où les interrelations entre variables sont à gérer,
- des données sociales et culturelles caractéristiques de l'entreprise, de la société et du pays,
- un réseau, associant l'entreprise considérée à des acteurs externes et fonctionnant selon des règles spécifiques.

Puisqu'innover passe par l'intégration de technologie, le transfert de technologie est un catalyseur de l'innovation. (Lejosne 2006) affirme «un transfert est un processus d'innovation, il doit être compris et étudié en tant que tel ». (Cohen and Levinthal 1990) affirment que les sources extérieures de connaissances sont souvent critiques pour le processus d'innovation. Exploiter les connaissances externes est donc un élément essentiel dans le processus d'innovation. Dans le contexte actuel où l'open innovation et l'innovation collaborative sont incontournables, le transfert de technologie est une construction entre les différents acteurs grâce à un échange de flux de connaissances mutuel. Ce faisant, il y a une montée de compétences pour les différents acteurs. Le TT est alors un processus collectif qui se déroule entre plusieurs parties prenantes : plusieurs entreprises, une entreprise et un centre de recherche, une entreprise et un laboratoire de recherche universitaire... Il résulte donc que le TT est un processus d'innovation particulier dont la dimension technologique est prépondérante.

### **2.1.2 Intérêt du Transfert de Technologie (Pourquoi le TT est important ?).**

Aux Etats-Unis, la commercialisation de produits issus de la recherche dans des secteurs stratégiques comme les Sciences de la Vie ou les TIC est soutenue massivement par le gouvernement fédéral et les Etats. Il s'agit réellement d'un enjeu majeur en termes de développement économique. Suite aux lois Stevenson-Wydler ou Bayh-Dole Act<sup>4</sup> (1980) et depuis les 15 dernières années, on constate également une politique volontariste des universités pour protéger et valoriser les résultats de leurs travaux (source : l'Ambassade de France aux Etats-Unis).

Cette politique de transfert de technologie permet une diffusion rapide des résultats de la recherche dans la société sous la forme de nouveaux produits et services à haute valeur ajoutée. Pour la seule année 2006, les 186 institutions ayant répondu à l'enquête de l'Association of University Technology Managers (AUTM) ont déclaré 18874 inventions et déposé 15908 brevets. Grâce à ce portefeuille de brevets, 4963 accords de licences ont été conclus. Ces transferts de technologies ont permis l'introduction sur le marché de plus de 4350 nouveaux produits (697 en 2006) depuis 1998 et la création de 5724 nouvelles entreprises (553 en 2006) depuis 1980. Entre 1980 (Bayh-Dole Act) et 2000, 3376 spinoffs ont été recensées aux Etats-Unis (Pressman 2002), ce qui correspond en moyenne à deux spinoffs par an et par université.

En France comme en Europe, ce processus de transfert de technologies est souvent récent et insuffisant. Près de vingt ans après le Bayh-Dole Act, la France vote en 1999 la loi sur l'innovation fortement inspirée du modèle américain. Cette loi a clairement pour ambition de reproduire dans l'Hexagone la « réussite américaine » en permettant, pour la première fois, aux enseignants-chercheurs de participer à la valorisation de leurs inventions notamment en créant une entreprise et en donnant aux universités, au CNRS et aux laboratoires publics la possibilité de participer plus facilement à des filiales et à des groupements (Malissard et al. 2003). Cette prise de conscience de l'importance du transfert de connaissances théoriques et technologiques a permis de mettre en place des dispositifs spécifiques d'appui au niveau

---

<sup>4</sup> Le Bayh-Dole Act donne aux universités le droit de propriété sur les inventions qui ont reçu des subventions de la part de l'Etat. Il a simplifié l'ensemble des procédures liées à la commercialisation des technologies provenant des universitaires.

national et régional. Le gouvernement, les collectivités territoriales et les établissements français d'enseignement supérieur et de recherche ont fait de ce thème un des axes stratégiques prioritaires de développement. On a vu alors se multiplier les incubateurs régionaux et les réseaux locaux de partenaires (Centre d'Innovation, CCI, OSEO-ANVAR, ...). Dans les universités, les services de valorisation de la recherche, de gestion des licences deviennent incontournables. Ces services ont pour mission d'explorer les pistes de valorisation de la recherche et d'accompagner les chercheurs dans les démarches administratives et juridiques telles que la négociation et la rédaction de licence exclusive. Au fur et à mesure, l'université s'est donc dotée d'actions, de moyens et de personnes augmentant ainsi sa capacité à aborder et à développer les opérations de transfert de technologies, tout d'abord au bénéfice d'entreprises existantes en mettant à leur disposition des moyens matériels (locaux, bureautique...) et humains (personnel pour l'accompagnement du projet), puis, grâce à l'évolution du cadre législatif, dans la perspective de la création de jeunes pousses à fort potentiel de croissance dont l'activité est basée sur l'exploitation de droit de propriété industrielle (spinoffs). L'évolution du cadre législatif aussi bien dans le modèle américain que français a permis un impact réel sur la prise de conscience de l'importance du transfert de technologie. Notons qu'en France, par exemple, le nombre de spinoffs a été multiplié par 4 à 5 entre 1999 et 2004 (François-Noyer and Droma 2005).

Ce faisant, la propriété intellectuelle connaît un succès grandissant. Ainsi, les demandes de brevets en France ont crû de 15,6 % en 2000 par rapport à l'année précédente, et les demandes de marque de 19, 2 % (François-Noyer and Droma 2005). Cela s'explique par l'entrée des pays développés dans « l'économie de la connaissance » et par leur souci de protéger les résultats de la recherche pour en stimuler l'activité et garantir la compétitivité de leurs entreprises face au défi technologique.

La loi sur l'innovation et la recherche est basée sur le constat que la France souffre du décalage entre la qualité de sa recherche scientifique et technique et la faiblesse du transfert de connaissances du monde de la recherche au monde de l'entreprise. Ce diagnostic, déjà bien connu des spécialistes, a été confirmé pour la première fois par les conclusions du rapport remis au Ministre de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie ainsi qu'au Ministre de l'Economie, des Finances et de l'Industrie en mars 1998, par M. Guillaume, président d'honneur de l'Agence Nationale de VALorisation de la Recherche (OSEO-ANVAR) de l'époque. Il va dans le sens de la nécessité de décloisonner la relation entre le monde de la recherche, l'université et le monde industriel dans un besoin de travailler ensemble pour créer de la valeur partant du constat que le manque de collaboration entre les acteurs de la recherche et l'industrie font que la plupart des technologies trouvées par la recherche universitaire restent sans application.

L'augmentation de l'intérêt pour le transfert de technologie se justifie largement par les enjeux économiques qui l'entourent :

Premièrement, il contribue au développement économique en créant significativement de la valeur. Par exemple, 280 000 emplois environ ont été créés par des spinoff depuis 1980 (Bayh-Dole Act) (Cohen 2000). En moyenne, une spinoff américaine génère 83 emplois, ce qui est supérieur aux autres entreprises nouvellement créées (François-Noyer and Droma 2005), et surtout des emplois demandant un haut niveau de qualification.

Deuxièmement, le TT incite le secteur privé à investir dans le développement des technologies issues de l'université. Ainsi, dans certaines universités (Columbia, MIT), les financements reçus du secteur privé en direction des spinoffs peuvent être jusqu'à 40 fois plus élevés que le montant des royalties issues des accords de licence.

Troisièmement, le TT contribue au développement économique régional et constitue une source de revenus pour l'université (Friedman and Silberman 2003), notamment en maintenant les contacts avec le laboratoire d'origine de la technologie. Par exemple, 80 % des spinoffs s'implantent dans la même région, voire la même ville que leur université d'origine (François-Noyer and Droma 2005).

Quatrièmement, des mécanismes de transfert de technologie tels que les spinoffs et les brevets augmentent la probabilité de commercialiser des technologies issues de l'université, surtout lorsque celles-ci en sont à leur début et donc encore très incertaines.

Ainsi, le transfert de technologie est une préoccupation prioritaire des pays qui cherchent à être compétitifs économiquement. Les modèles français et américains en font la démonstration. Cet intérêt pour le transfert de technologie se reflète dans l'abondance de la littérature qui étudie ce phénomène. En effet, cette dernière fait état de très nombreux articles concernant le transfert de technologie. Dans la base de données scientifique «Scopus», une recherche en ligne des articles contenant dans leur titre l'expression «technology transfer» retourne plus de 989<sup>5</sup> articles publiés au cours des dix dernières années. Ceci est un indicateur simple, mais significatif sur l'intérêt suscité par le transfert de technologie. Diverses études (Willmann 1991; Gilbert and Cordey-Hayes 1996) ont montré que la clef du succès pour une organisation réside dans sa capacité à s'approprier et à implémenter une nouvelle technologie. Cohen et Levinthal (Cohen and Levinthal 1990) vont jusqu'à suggérer que le transfert de connaissances est un facteur critique dans la capacité d'une entreprise à innover.

L'argumentaire développé dans ce paragraphe démontre l'intérêt de l'étude de ce phénomène complexe qu'est le transfert de technologie.

### **2.1.3 Flux et Transfert de Technologie.**

(Liu et al. 2009) identifient principalement trois catégories de flux de connaissances dans le TT. La première catégorie est le flux physique des connaissances sous forme de produits, pièces, composants et équipements. La deuxième concerne la circulation des connaissances en termes de savoir-faire et autres informations, y compris les données techniques, les brevets, les documents, les normes, les manuels techniques et les manuels de maintenance. La troisième est composée des flux micro et macro d'informations sur des connaissances qui peuvent être écrites sous forme de texte mais doivent être également utilisées dans la pratique pour être maîtrisées et comprises.

Les deux premières catégories sont plus facilement repérables grâce à la dimension « matérielle » qui leur donne corps. La troisième catégorie est plus difficilement identifiable car elle se manifeste dans les échanges immatériels tels que les échanges verbaux et les mises en œuvre pratiques de la technologie.

Les flux au sein d'un processus technologique, et plus particulièrement d'un processus de transfert de technologie, peuvent être caractérisés par une (ou une combinaison) des caractéristiques suivantes (Liu et al. 2009) :

- des flux de connaissances technologiques systémiques qui impliquent la technologie, l'« émetteur », le mécanisme de transfert et le « récepteur ».

---

<sup>5</sup> Recherche mise à jour le 25 juin 2010 sur les dix dernières années : 2000-2010

- des flux de connaissances technologiques initiatives qui renvoient à la capacité de la technologie plutôt qu'au flux lui-même, qui soulignent la possibilité d'utiliser la technologie et d'innover.
- des flux bidirectionnels où le transfert de technologie n'est pas un flux à sens unique de l'« émetteur » au « récepteur » mais un processus à double sens avec des retours d'informations, des résultats et d'autres processus plus complexes.
- des flux interchangeable où l'« émetteur » de technologie pourrait devenir « récepteur » et le « récepteur » pourrait aussi devenir la source de la technologie.
- des flux dynamiques sans fin où le « récepteur » transfère la technologie après acceptation, ce qui crée un processus dynamique en spirale sans fin.

#### **2.1.4 Pas de définition unique pour le Transfert de Technologie**

Dans l'expression « transfert de technologie », il y a deux mots clefs : « transfert » et « technologie ».

Selon le dictionnaire Larousse, l'action de transférer consiste à déplacer quelque chose ou quelqu'un. En Droit, c'est l'acte par lequel une personne acquiert un droit d'une autre qui le lui transmet (par exemple le transfert de propriété). Dans le domaine de la psychologie, c'est le phénomène par lequel une activité intellectuelle ou manuelle modifie une autre activité qui la suit, soit en la rendant plus facile (transfert positif), soit en la troublant (transfert négatif).

Selon le dictionnaire Larousse la technologie est l'ensemble cohérent de savoirs et de pratiques dans un certain domaine technique, fondé sur des principes scientifiques.

Une partie du flou qui entoure le terme « transfert de technologie » émane de sa définition. En effet, celle-ci change au fil du temps et des lieux. En raison de sa nature abstraite, il est souvent difficile que les participants potentiels au transfert fassent le lien avec leur propre problématique. (Zhao and Reisman 1992) notent dans leur examen de la littérature de transfert de technologie que la définition du transfert de technologie diffère sensiblement d'une discipline à une autre. (Bozeman 2000) affirme qu'elle diffère selon le but de la recherche aussi. Pour cette raison, il n'y a aucune définition complète couvrant tous les aspects du transfert de technologie. Essayer d'être spécifique sur le sens du transfert de technologie risque de restreindre son usage et sa signification.

Cependant, le transfert de technologie fait appel à un concept souvent cité dans la littérature : la capacité d'absorption. (Cohen and Levinthal 1990) définissent ce dernier comme l'aptitude à reconnaître la valeur d'une information nouvelle, à l'assimiler et à l'appliquer à des fins commerciales. Ainsi, la capacité d'absorption ne se réfère pas seulement à l'acquisition ou à l'assimilation des informations par un individu ou une organisation, mais aussi à la capacité de l'exploiter. Ce concept prend tout son sens quand la connaissance à acquérir est très différente des connaissances de base. Lorsque l'expertise des individus diffère considérablement de celle des acteurs externes fournissant des informations utiles, certains membres du groupe sont susceptibles d'assumer le rôle de référent en interne des connaissances nouvelles à assimiler.

(Cohen and Levinthal 1990) affirment que l'apprentissage étant cumulatif, la capacité à assimiler l'information est fonction de la richesse des connaissances préexistantes. De ce fait, les performances d'apprentissage sont plus grandes lorsque l'objet de l'apprentissage est lié à ce qui est déjà connu.

L'obstacle principal au transfert de technologie est le syndrome du refus de ce qui vient de l'extérieur nommé dans la littérature « Not Invented Here (NIH) syndrome » (Cohen and Levinthal 1990). La mise en place d'un langage de communication et d'échanges normalisés entre les acteurs est alors une nécessité. La prise en compte des difficultés liées à l'interopérabilité entre organisations se révèle centrale pour vaincre les barrières culturelles et la peur du changement qui est un mécanisme humain naturel de défense.

## **2.2. Approche de la modélisation du Transfert de Technologie**

Nous venons de montrer que le transfert de technologie est complexe et critique pour la capacité d'une entreprise à innover d'où le besoin de le maîtriser. Pour maîtriser le TT il est nécessaire de le décrire, de le modéliser et de l'évaluer. Dans ce paragraphe, nous abordons l'importance de la notion d'interopérabilité dans le succès et la modélisation du processus de TT. Ensuite, nous faisons l'état de l'art des modèles de transfert de technologie dans la littérature et de leurs limites. Ce paragraphe s'intéresse aussi aux composants qui permettent une meilleure modélisation du transfert, à savoir les mécanismes, les acteurs clefs et les facteurs influents sur le transfert de technologie.

### **2.2.1 Interopérabilité et Transfert de Technologie**

Un projet de transfert de technologie est un processus dans lequel l'intérêt tourne autour de l'augmentation du capital de compétences et savoir-faire d'une société ou d'un secteur industriel. Sa finalité peut être, par exemple, l'amélioration de la qualité des produits, le développement de nouveaux produits, procédés ou services... Pour ce faire les différents partenaires doivent collaborer. Dans un tel contexte, la capacité à communiquer avec des systèmes tiers et à accéder à leurs fonctionnalités peut s'avérer une composante clé pour l'amélioration de l'efficacité du processus de transfert de technologie et de réduction du risque qui lui est associé. Cette capacité est l'« interopérabilité ».

Le concept d'interopérabilité se réfère le plus souvent aux applications logiciel et aux plateformes de hardware. Cependant, le champ d'application de ce concept est beaucoup plus large. Il est très utilisé dans le domaine de modélisation d'entreprises (Ducq et al. 2004).

Plusieurs définitions de l'« interopérabilité » existent à travers la littérature. (Vernadat 1996) la définit comme la capacité de communiquer avec des systèmes tiers, et d'accéder à leur fonctionnalité. D'après (Chen et al. 2008), elle est la capacité de deux systèmes à se comprendre et à utiliser les fonctionnalités de l'un et de l'autre. Une définition plus générale est donnée par (Ducq et al. 2004), qui la présente comme la capacité d'interaction entre des applications d'entreprise. Cette définition fait ressortir l'importance de l'interopérabilité dans le cadre de TT. En effet, ce dernier nécessite l'interaction entre des systèmes (parties prenantes : structure(s) académique(s), PME, CTT, entreprise(s) client(s), fournisseur(s)) possédant des applications logicielles et matérielles différentes liées à des outils de gestion, de production, de mesure et de contrôle différents. La question de l'interopérabilité entre les systèmes qui interagissent dans un processus de TT est alors vitale pour ce même processus lors, par exemple, d'échange de plans compatibles, de plannings...

L'interopérabilité est un problème multiforme qui peut être étudié à différents niveaux (Daclin et al. 2006). L'EIF (EIF 2004) in (Casorzo et al. 2010) affirme que l'interopérabilité peut se produire à trois niveaux : *technique* (échange de données et de messages), *sémantique* (partage d'informations et de services) et *organisationnel* (interactions à travers les limites organisationnelles). Par ailleurs, l'interopérabilité entre des applications de l'entreprise est

atteinte si l'interaction peut se dérouler à trois niveaux (Ducq et al. 2004) : *données, ressources et processus métier*.

En matière de TT, l'atteinte des trois niveaux d'interopérabilité *technique, sémantique et organisationnelle* est essentielle pour le succès de ce dernier. En effet, dans le cadre d'un projet de TT, les systèmes impliqués (les parties prenantes) sont amenés à partager un savoir-faire technique en échangeant des informations techniques (caractéristiques du produit, exigences du marché, ...) et organisationnelles (disponibilité machines, contraintes process, ...), des données (relevés de mesures, plans, normes...). Cet échange est effectué lors de rencontres, réunions téléphoniques et échanges de courriers. Les niveaux techniques et sémantiques de l'interopérabilité doivent être alors mobilisés pour que l'échange soit possible. En plus des partages de données et d'informations, le processus de TT fait souvent appel à des échanges de personnels ou à la constitution d'équipes mixtes pour réaliser des essais chez des partenaires ou chez une des parties prenantes. Ces échanges ont pour but de créer et transférer des savoir-faire. Le niveau organisationnel de l'interopérabilité est alors mis à l'épreuve. Toutefois le TT ne se limite pas à des échanges, il est caractérisé par la création de connaissances (l'interopérabilité apparaît alors comme nécessaire mais non suffisante).

A travers la littérature, nous pouvons aussi trouver des travaux visant à atteindre l'interopérabilité dans un réseau collaboratif ou une organisation virtuelle. (Chituc et al. 2008) font une revue de la littérature sur ce sujet et présentent une application dans l'industrie de la chaussure. Dans le travail de (Panetto and Molina 2008), la problématique de l'interopérabilité est aussi ciblée sur les réseaux collaboratifs, mais d'un point de vue de la fabrication intégrée. Ainsi si le TT est un acte collectif, on peut le considérer comme un phénomène temporaire de création d'une organisation virtuelle (association de tous les partenaires) caractérisé par une interopérabilité, ce que nous détaillerons dans le chapitre trois sous forme d'une proposition de méta-modèle du TT avec une vision système.

L'interopérabilité dans le contexte du TT doit tenir compte des niveaux d'hétérogénéité des partenaires (culturelle, fonctionnelle, technologique, etc.) et des échanges (qualitatifs / quantitatifs, formels / non formels). Afin que l'entreprise soit interopérable, celle-ci doit être capable d'atteindre la plus haute standardisation et éliminer l'hétérogénéité (Chen and Doumeingts 2003).

Un point clé dans l'interopérabilité est la modélisation d'entreprises. Un modèle d'entreprise est une description des principaux composants, des buts, des processus... d'une organisation et de la manière dont ils sont liés les uns aux autres. Il s'agit essentiellement d'une représentation, faite par une entité, de l'organisation de sa connaissance ou de ce qu'elle voudrait devenir (Koubarakis and Plexousakis 2002). L'idée basique de la modélisation d'entreprise est de donner une vue complète des opérations de cette dernière, et ainsi d'identifier les points à améliorer et la façon d'atteindre l'interopérabilité (Blanc et al. 2007). Ainsi, pour pouvoir améliorer le processus de transfert, il faut mener, entre autres, une réflexion sur l'interopérabilité des systèmes (entreprises et organisations) qui le constituent. Cette réflexion passe par la modélisation des interrelations et du fonctionnement de ces systèmes. L'interopérabilité est une condition nécessaire mais non suffisante pour le bon déroulement du TT. En effet, comment peut-on construire ensemble un savoir-faire technologique si on est incapable de communiquer (données, documents, organisation) ?

L'interopérabilité à elle seule ne suffit pas à assurer le succès pour le TT. Dans la suite nous abordons les dimensions que nous considérons critiques pour la modélisation du processus de TT tels que l'identification des acteurs, des mécanismes et des facteurs influents du transfert de technologie.

## 2.2.2 Modèles du Transfert de Technologie

Dans la littérature, il existe deux approches pour modéliser le TT : (1) une approche mathématique (non abordée dans le cadre de ce travail. Des travaux tels que (Siegel et al. 2001) illustrent cette approche) et (2) une approche descriptive. Cette dernière se caractérise principalement par trois courants (conformément à la Figure 3), ces trois courants se basant sur des unités d'analyse de granularité différentes.

Dans le courant N°1, des auteurs tels que (Harmon et al. 1997; TEURPIN 2001) décrivent le transfert de technologie comme une mise en réseau entre deux parties ou plus sans recherche formelle menée collectivement. La combinaison de la recherche formelle et la bonne mise en réseau des partenaires favorise le succès du transfert de technologie. Ce courant se focalise sur l'étude du TT d'un point de vue intra-organisationnel.

Dans le courant N°2, des auteurs tels que (Rogers et al. 2001; Malik 2002) présentent une modélisation du processus de transfert de technologie basée sur une analogie avec le processus de diffusion des informations (broadcast model). Dans ce modèle, l'«émetteur» est le détenteur de la technologie, par exemple un groupe R&D. Cet « émetteur » envoie un message au « récepteur », par exemple une unité d'affaires.

Dans le courant N°3, des auteurs (Cole 1992; Zhao and Reisman 1992) présentent le TT comme un processus linéaire qui commence par la génération d'idées et le développement technologique. Dans ce courant, à l'exception de (Gilbert and Cordey-Hayes 1996) qui présentent un modèle à cinq phases, le processus de TT est fractionné en quatre phases. Leur dénomination et leur signification exacte varient selon les auteurs (Souder et al. 1990; Levin 1993; Trott et al. 1995; Szulanski 2000). La possibilité d'itérations de certaines phases du processus de TT est largement évoquée dans la littérature. Ce dernier courant étudie le transfert de technologie à l'échelle du projet.

Dans le Tableau 5, en complément à la Figure 3, nous présentons une taxonomie des modèles descriptifs marquants dans la littérature selon leur appartenance aux courants de la littérature que nous avons identifiés. Nous précisons la spécificité, les limites et le niveau d'analyse de chaque modèle.

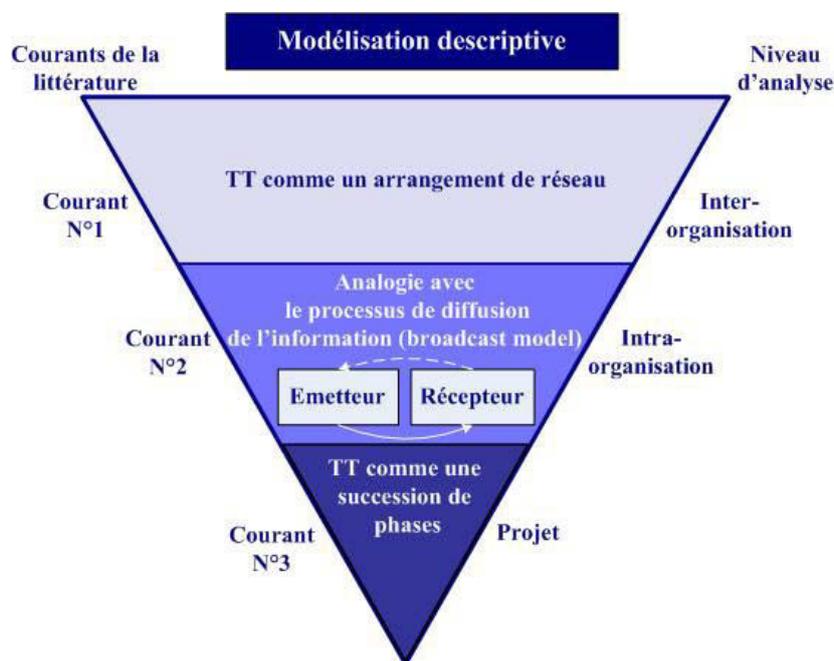
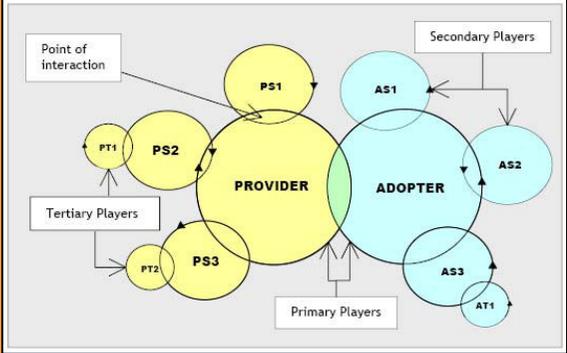


Figure 3. Différents courants de la modélisation descriptive (source : notre recherche)

Référence	Niveau d'analyse	Spécificité	Limites
(Souder et al. 1990)	Du gouvernement fédéral vers l'industrie	Basé sur une revue de la littérature, les auteurs proposent un modèle à quatre étapes : « prospection (prospecting) » (collecte d'informations et définition des concepts à adopter parmi les concepts identifiés), « développement (developing) » (ensemble des tâches de conception), « essai (trial) » (test des caractéristiques techniques, marketing et financières du produit), et « adoption (adoption) » (standardisation de la nouvelle technologie et intégration de cette dernière dans le savoir-faire de l'organisation).	L'auteur admet que le TT implique un processus interpersonnel qui permet le passage de la connaissance technique d'une partie à l'autre, mais les aspects de construction de connaissances collectives où les différentes parties prenantes montent en compétences ne sont pas abordés.
(Large and Barclay 1992)	De l'université vers l'industrie	Les auteurs ont introduit une modélisation du point de vue marketing. Ils considèrent le transfert de technologie comme une relation acheteur-vendeur entre l'université et l'industrie où les universités sont des vendeurs, les entreprises sont les acheteurs. Dans cette transaction les organisations intermédiaires jouent un rôle majeur. Ils évaluent les technologies à transférer et recherchent des acheteurs potentiels. Ils peuvent également arbitrer la négociation de dépôt de brevet.	Les aspects de construction de connaissances collectives où les différentes parties prenantes montent en compétences ne sont pas abordés.
(Levin 1993)	Au sein d'une organisation	L'auteur propose un modèle basé sur la théorie de l'organisation qui identifie le transfert comme un processus social, technique, d'apprentissage et de développement (a social, technical, learning and developmental process (TLD process)). L'auteur présente la technologie comme une construction sociale où les choix et les valeurs humaines déterminent le résultat.	L'auteur présente les facteurs humains et techniques comme les principaux facteurs de succès du processus de TT. Il néglige d'autres facteurs tels que les facteurs environnementaux et organisationnels.
(Trott et al. 1995)	Au sein d'une organisation	Les auteurs divisent le processus de transfert de technologie en une série de sous-processus : « conscience (awareness) », « association (association) », « assimilation (assimilation) » et « application (application) ». Les auteurs présentent le transfert de connaissances comme un processus dynamique qui se déroule dans un cadre d'apprentissage continu.	Les aspects de construction de connaissances collectives où les différentes parties prenantes montent en compétences ne sont pas abordés.
(Gilbert and Cordey-Hayes 1996)	Au sein d'une organisation	Les auteurs ont enrichi la vision d'une modélisation à quatre étapes en introduisant un modèle à cinq étapes : « acquisition (acquisition) », « communication (communication) », « application (application) », « assimilation (assimilation) » et « acceptation (acceptance) ». L'auteur soutient qu'avant l'assimilation, les individus doivent accepter les changements introduits pendant la phase « application ». Les auteurs soulignent également l'importance de l'apprentissage par la pratique et par l'expérience suivie de contrôle et d'évaluation.	On peut s'interroger sur la pertinence de créer une étape indépendante de « communication ». En fait, la communication est normalement présente à chaque étape du TT.
(Harmon et al. 1997)	De l'université vers l'industrie	Les auteurs décrivent le transfert de technologie comme la mise en réseau de deux parties sans recherche formelle menée collectivement. La combinaison de la recherche formelle et la bonne mise en réseau des partenaires favorisent le succès du TT	La configuration du transfert de technologie avec plus de deux parties n'est pas considérée.
(Szulanski 2000)	Intra-organisation	L'auteur présente un modèle à quatre phases : « initiation ( <i>initiation</i> ) », « implémentation ( <i>implementation</i> ) », « montée en puissance ( <i>ramp-up</i> ) » et « intégration ( <i>integration</i> ) ».	Les aspects de construction de connaissances collectives où les différentes parties prenantes montent en compétences ne sont pas abordés.

Référence	Niveau d'analyse	Spécificité	Limites
(TEURPIN 2001)	Intra-organisation	<p>Grâce à l'expérience collective du groupe (TEURPIN 2001), un modèle d'une cartographie d'un réseau de collaboration souple et évolutive a été développé. La complexité de la relation entre les différents acteurs du processus de TT est représentée par une classification intégrant les acteurs primaire, secondaire et tertiaire avec un facilitateur qui supervise l'ensemble du processus. Selon ce modèle, les décisions stratégiques sont prises exclusivement entre le fournisseur de la technologie et celui qui l'adopte. Le rôle des autres acteurs dans le processus décisionnel est très limité (voir Figure 4). Ces derniers doivent être conscients que les décisions finales dépendent des principaux acteurs. Les acteurs secondaires peuvent interagir avec d'autres acteurs dans le modèle, mais leur responsabilité doit être définie par rapport à un seul acteur primaire. Les acteurs tertiaires dépendent des acteurs secondaires.</p>  <p><b>Figure 4. Modèle de réseau de transfert de technologie (TEURPIN 2001)</b></p>	<p>Les auteurs mettent l'accent sur les aspects juridiques et hiérarchiques de TT. Ils reconnaissent l'interaction entre les acteurs, mais les aspects de construction de connaissances collectives où les différentes parties prenantes montent en compétences ne sont pas abordés.</p>
(Malik 2002)	Intra-organisation	<p>L'auteur présente une modélisation du processus de TT basé sur une analogie avec le processus de diffusion d'informations. Dans ce modèle l'« Emetteur » est le détenteur de la technologie par exemple un groupe R &amp; D. Cet « Emetteur » envoie un message au « Récepteur » par exemple une unité d'affaires.</p>	<p>L'analogie avec un modèle de diffusion (broadcast model) est vérifiée à l'instant <math>t = t_1</math>, mais le rôle de l'« Emetteur » et du « Récepteur » peut être inversé à <math>t = t_1 + \Delta t</math>. En conséquence, le modèle de diffusion représente une approche élémentaire et ne représente pas la dynamique et la complexité du projet TT.</p>

Code couleur du tableau :

**Courant N°1** : Modèles présentant le TT comme une mise en réseau entre les parties prenantes

**Courant N°2** : Modèles basés sur l'analogie avec le processus de diffusion de l'information

**Courant N°3** : Modèles présentant le TT comme une succession de phases

Tableau 5. Description des modèles de Transfert de Technologie (source : notre recherche)

Malgré une multitude de modèles dans la littérature, ces modèles restent assez généraux (Malik 2002). De plus, il reste difficile de décrire le TT comme un processus à double sens, itératif, et non pas simplement une relation à sens unique. Les aspects de construction de connaissances collectives où les différentes parties prenantes montent en compétences ne sont souvent pas abordés. (Geisler 1993) affirme que la variété des modèles a produit uniquement des contributions marginales à la conception du domaine de TT. L'auteur justifie son constat par le fait que les modèles s'attachent à identifier les acteurs et les activités plutôt que de décrire et expliquer les phénomènes du transfert de technologie.

### 2.2.3 Mécanismes du Transfert de Technologie

Il existe un grand nombre de mécanismes par lesquels les intervenants peuvent interagir pour donner corps au processus de transfert de technologie. Ils varient selon les secteurs, la situation du pays et le type de technologie. Les mécanismes peuvent différer pour les technologies prêtes à être commercialisées et les technologies dans la phase de développement (Göktepe 2005). Ces mécanismes comprennent les licences, les coentreprises, les accords de recherche collaborative, des journées de travail, l'acquisition de nouveaux produits ou procédés, des réunions, la publication dans des revues spécialisées. (Rogers et al. 2001) ont identifié cinq mécanismes différents de transfert de technologie : les start-ups, les licences, les réunions, la publication et les accords R&D. (Lee and Win 2004) font une liste des mécanismes de transfert de technologie entre un centre de recherche universitaire et l'industrie. Nous classons les mécanismes de transfert technologique en deux catégories en se basant sur le niveau de formalisation permettant d'évaluer le projet de transfert de technologie : (1) les mécanismes de TT contractuels et (2) les mécanismes TT non contractuels (voir Tableau 6).

Catégorie 1 : Mécanismes de TT contractuels	Catégorie 2 : Mécanismes TT non contractuels
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Licence</li> <li>● Le franchisage</li> <li>● Formation de start-up</li> <li>● Conseil / expertise</li> <li>● Accords de R &amp; D</li> <li>● Co-développement technologique par le biais de contrats de recherche formelle</li> <li>● La recherche coopérative</li> <li>● Formation continue pour l'industrie</li> <li>● Co-encadrement de thèses</li> <li>● Les coentreprises</li> <li>● Les mixte-labs</li> <li>● Acquisition de nouveaux produits ou processus</li> <li>● Sous-traitance</li> <li>● Incubateurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Conférences, séminaires, ateliers de travail</li> <li>● Forums, expositions, foires</li> <li>● Conférences populaires</li> <li>● Journées portes ouvertes</li> <li>● Les publications scientifiques</li> <li>● Mobilité / échange de personnes</li> <li>● R &amp; D des consortiums</li> <li>● Collaboration dans le cadre de pôle de compétitivité</li> <li>● Les liaisons Inter-entreprises ; réseau de relations informelles</li> </ul>

**Tableau 6. Classification des mécanismes du transfert de technologie**

La catégorie 1 est composée de mécanismes qui nécessitent un accord entre les parties prenantes. Ce type de mécanismes est généralement formalisé en vue de préciser et de protéger la propriété intellectuelle des parties prenantes. Grâce à cette formalisation, il est possible d'évaluer totalement ou au moins partiellement ce processus de transfert. Par

exemple, nous pouvons avoir une quantification sur les redevances provenant de licences d'une technologie ou l'économie de temps réalisée par l'adoption d'un processus d'innovation. La catégorie 2 est composée de mécanismes dont les résultats ne sont pas mesurés aisément. Toutefois, ils peuvent influencer les activités industrielles et commerciales et être déclencheurs de mécanismes de transfert appartenant à la première catégorie. Cet ensemble témoigne de l'importance des réseaux dans le processus de transfert de technologie. Ce réseau est le résultat de l'interaction des liens formels et informels entre des individus et des acteurs clefs de ce processus.

#### **2.2.4 Des acteurs clefs à des niveaux distincts et avec des objectifs différents**

Il y a beaucoup d'allusions dans la littérature sur l'importance des acteurs et plus particulièrement des hommes dans la réussite du transfert de technologie (Kumar and Uruthirapathy 2007). (Erlich and Gutterman 2003) affirment que les aspects importants de la technologie ne sont pas capturés sur papier ou dans des fichiers informatiques. Pour cette raison, les rapports humains constituent par leur nature et leur spécificité (confiance, expérience...) une variable essentielle. En fait, le transfert de technologie implique la constitution d'un réseau. Les réseaux peuvent varier en taille, forme et structure. Si l'arrangement du réseau est approprié pour les activités en cours, la perspective de l'innovation qui en résulte peut être améliorée de manière significative. (Seaton and Cordey-Hayes 1993) affirment qu'il y a une tendance à présenter la « technologie » principalement en termes de caractéristiques techniques et économiques, c'est-à-dire comme un produit. Par conséquent, les réponses des organisations et des individus aux opportunités et aux menaces générées par les changements techniques sont ignorées et ne sont pas prises en compte dans la compréhension de la contribution d'une technologie candidate à l'avantage concurrentiel ou de l'efficacité.

Il paraît donc très important d'identifier les acteurs clefs dans le cadre d'un projet de transfert de technologie. Ces acteurs peuvent appartenir à des niveaux distincts et avoir des objectifs différents mais non contradictoires.

On distingue principalement trois points de vue pour examiner le TT. Chaque point de vue implique un sous-ensemble d'acteurs :

- Les organismes politiques et gouvernementaux observent le transfert de technologie d'un point de vue macro. Ils le favorisent en vue de bâtir une économie avancée techniquement et de contribuer à la création de valeur ajoutée et d'emplois. (Lee and Win 2004) affirment que le rôle du gouvernement est critique dans le transfert de technologie car il est toujours là pour aider la recherche et fournir les fonds et autres ressources nécessaires.
- Le point de vue méso implique les intermédiaires du TT tels que les services de valorisation des universités, les centres de TT et les laboratoires de recherche.
- Le point de vue micro implique les entreprises industrielles, les universités, les centres de TT et les laboratoires de recherches et même les équipes directement impliquées. Les entreprises industrielles ont besoin de transfert de technologie pour être plus compétitives. (Leonard-Barton 1995) affirme que le transfert de technologie est une activité essentielle pour acquérir des connaissances externes à l'entreprise, puis améliorer les compétences de base de l'entreprise. En effet, il permet de créer de nouveaux procédés de fabrication et organisationnels. De plus, le TT peut être au centre de la stratégie produit d'une PME.

Les universités, les centres de transfert et les laboratoires de recherche sont à la fois des acteurs des niveaux méso et micro. Leur but est non seulement de comprendre le

processus de transfert de technologie pour collaborer avec les institutions politiques et gouvernementales, mais aussi d'être des fournisseurs plus efficaces de la technologie pour l'industrie. Ainsi, le transfert de technologie est un moyen précieux de valoriser les résultats des universités et des laboratoires de recherche.

Le processus de transfert de technologie implique clairement différents acteurs avec des objectifs différents. Dans le Tableau 7, nous résumons les objectifs des acteurs listés ci-dessus et nous donnons quelques références qui explicitent le point de vue et les objectifs de chaque acteur. Ce faisant, nous présentons les approches pertinentes utilisées pour atteindre ces objectifs. Un projet de TT multi-acteurs regroupe des acteurs appartenant à des niveaux différents (macro, méso et micro) agissant simultanément et partageant l'objectif principal du projet, mais aussi assumant des objectifs supplémentaires propres à chaque acteur.

Selon le Tableau 7, le principal objectif des acteurs appartenant au niveau macro est de faire évoluer le cadre législatif et d'adapter les politiques de subventions visant à créer le dynamisme économique. L'objectif des acteurs appartenant au niveau méso est de mettre l'accent sur une meilleure compréhension du processus de TT (sa nature, ses déterminants, ses caractéristiques, ...) et de mettre en place des actions pour le rendre plus efficace et plus lucratif. Les acteurs appartenant au niveau micro cherchent à réussir dans la gestion des changements technologiques et organisationnels pour atteindre le succès concurrentiel.

Point de vue	Acteurs clefs	Bibliographie	Approches	Objectifs
Macro	<p><b>Organismes politiques et gouvernementaux</b></p>	<p>(Van Den Beemt 1997)            (Sheahen et al. 1994)            (Thomas 2000)            (Goldfarb and Henrekson 2003)            (Lehman and Garduño 2004)            (Erlich and Gutterman 2003)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>évaluation par les pairs : point de vue des chercheurs et des hommes d'affaires.</li> <li>études comparatives entre les programmes de TT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>comparer les projets de TT et d'autres projets R&amp;D pour une meilleure répartition de ressources limitées.</li> <li>améliorer les politiques de subventions gouvernementales pour aider la recherche.</li> <li>accroître la compétitivité des petites et moyennes entreprises (PME) et créer un dynamisme économique.</li> <li>transférer des technologies découvertes grâce aux financements du gouvernement vers l'industrie afin de bâtir une économie novatrice, techniquement avancée et créatrice d'emplois.</li> <li>adapter le cadre législatif et les politiques de gestion technologique pour créer un dynamisme économique.</li> </ul>
Meso	<p><b>Les intermédiaires de transfert : agences de transfert, centres de transfert de technologie, consultants ...</b></p> <p><b>Universités : équipes de valorisation, équipes de recherche</b></p>	<p>(Göktepe 2005)            (Rogers et al. 2001)            (Kumar and Uruthirapathy 2007)            (Harmon et al. 1997)            (Lee and Win 2004)            (Anderson et al. 2007)            (Erlich and Gutterman 2003)            (Link and Siegel 2005)            (Carr 1992)            (Arvanitis et al. 2008)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>évaluation par des séries d'entretiens semi-structurés avec des professionnels du transfert de technologie.</li> <li>études comparatives entre les mécanismes de transfert de technologie</li> <li>analyse en Composantes Principales (ACP) pour prioriser la connaissance technologique.</li> <li>utilisation de la méthode data envelopment analysis (DEA) pour mesurer l'efficacité du TT.</li> <li>définition d'une liste de bonnes pratiques.</li> <li>analyses économétriques pour mesurer les performances des entreprises en innovation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mieux comprendre la nature du processus de TT, ses déterminants et ses caractéristiques.</li> <li>industrialiser la connaissance universitaire.</li> <li>adapter les politiques de TT du monde de la recherche à la réalité du TT.</li> <li>augmenter le TT et de connaissances des universités vers l'industrie.</li> <li>convertir les résultats de recherches en royalties.</li> <li>mesurer l'efficacité des universités à faire du TT.</li> <li>définir une métrique pour mesurer l'impact des projets de TT.</li> </ul>

Point de vue	Acteurs clefs	Bibliographie	Approches	Objectifs
Micro	<p align="center"><b>Entreprises industrielles</b>  <b>Universités et laboratoires de recherche</b>  <b>Centres de transfert de technologie</b></p>	<p>(Gilbert and Cordey-Hayes 1996)  (Trott et al. 1995)  (Levin 1993)  (Seaton and Cordey-Hayes 1993)  (Erlich and Guttermann 2003)  (Malik 2002)  (Maine et al. 2005)  (Esawi and Ashby 2003)  (Esawi and Ashby 2004)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• évaluation par des séries d'interviews.</li> <li>• études comparatives.</li> <li>• modèle conceptuel pour les échanges intra et inter organisations.</li> <li>• évaluation de la viabilité technique et économique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réussir dans la gestion des changements technologiques et organisationnels pour atteindre le succès concurrentiel.</li> <li>• réduire les coûts liés aux nouvelles technologies.</li> <li>• rechercher des sources externes afin d'accélérer le processus d'innovation.</li> <li>• limiter le risque d'investissement R &amp; D.</li> <li>• accéder aux installations physiques de l'université et de l'expertise de son personnel.</li> <li>• accéder aux résultats et données de recherche universitaire sur des sujets précis.</li> <li>• le TT entre organisations (deux entreprises, entreprise et organisme de recherche, entreprise et centre de transfert).</li> </ul>

**Tableau 7. Le transfert de technologie du point de vue de différents acteurs clefs (source : notre recherche)**

### 2.2.5 Facteurs influent sur le Transfert de Technologie

Les facteurs influençant le transfert de technologie sont multiples. L'adaptation de la gestion du processus de TT aux spécificités de l'organisation concernée (Gilbert and Cordey-Hayes 1996), l'évaluation préalable du savoir-faire de base et de la capacité d'absorption des acteurs (organisations) (Cohen and Levinthal 1990), la prise en compte de la dimension humaine (Carr 1992) en motivant et impliquant les utilisateurs directs (Souder et al. 1990) sont entre autres facteurs qui favorisent la réussite du TT et améliorent la mise en place de la technologie.

Différentes classifications peuvent être envisagées pour ces facteurs, ce qui indique la complexité de ce processus. (Souder et al. 1990) classent les bonnes pratiques de transfert en « analyse », « Service », « pro-actions », « Rôles des personnes », « conditions », « Qualité de la technologie », et « Organisation ». L'importance de ces facteurs est évaluée sur les quatre étapes (« prospection », « développement », « Essais », et « adoption ») d'un modèle de TT qu'il propose. (Sabourin 1998) examine les aspects organisationnels de l'adoption de technologie du point de vue du management stratégique avec une approche intermédiaire entre le point de vue macro de l'économie industrielle et le point de vue micro de la gestion.

(Kumar and Uruthirapathy 2007) se concentrent sur une meilleure compréhension des facteurs essentiels dans le transfert de technologie entre les laboratoires de recherche gouvernementaux et un autre partenaire. En se basant sur une revue de la littérature, les auteurs ont identifié 17 facteurs et les ont classés selon trois dimensions : « technologique », « organisationnelle » et « humaine ». Les auteurs soulignent que la nature et le fonctionnement technique jouent un rôle clé dans la détermination du succès du TT.

(Trott et al. 1995; Greiner and Franza 2003) insistent sur la dimension humaine du TT et affirment que le succès du TT dépend en grande partie de la création de bonnes relations de travail entre les acteurs.

In fine, la revue de la littérature révèle une certaine convergence au niveau des facteurs de succès. Ci-après, nous proposons une classification des facteurs trouvés dans la littérature en cinq catégories : « Environnement », « Humain », « Organisation et méthodes », « Technologie » et « Produit » (voir la Figure 5).

- **Environnement** : Cette classe porte sur le rôle des facteurs externes dans le processus de TT. Elle est composée de deux sous-groupes de facteurs : (1) *le niveau macro de l'environnement de transfert* qui correspond à des facteurs externes au processus de TT. Les PME sont souvent dans l'incapacité d'agir (ou d'agir à un degré très limité) sur ces derniers et (2) *le niveau micro de l'environnement de transfert* qui correspond à des facteurs externes au processus de TT mais qu'une PME peut influencer car ils sont très liés à son identité.
- **Humain** : Cette classe s'intéresse au rôle des individus impliqués dans le processus de transfert de technologie.
- **Organisation et méthodes** : Cette classe regroupe les facteurs qui facilitent le processus de TT au niveau de l'organisation et du fonctionnement.
- **Technologie** : Cette classe porte sur les aspects scientifiques, techniques et opérationnels.
- **Produit** : Cette classe porte sur les facteurs liés à la nature du produit.

Cette classification est inspirée d'autres classifications que nous avons identifiées dans notre état de l'art. Chaque classe représente un levier d'action pour améliorer le déroulement du processus de TT. Le Tableau 8 résume les facteurs de succès qui constituent chaque levier

d'action. Ce tableau donne une brève définition pour chaque facteur et les notions clés correspondantes.

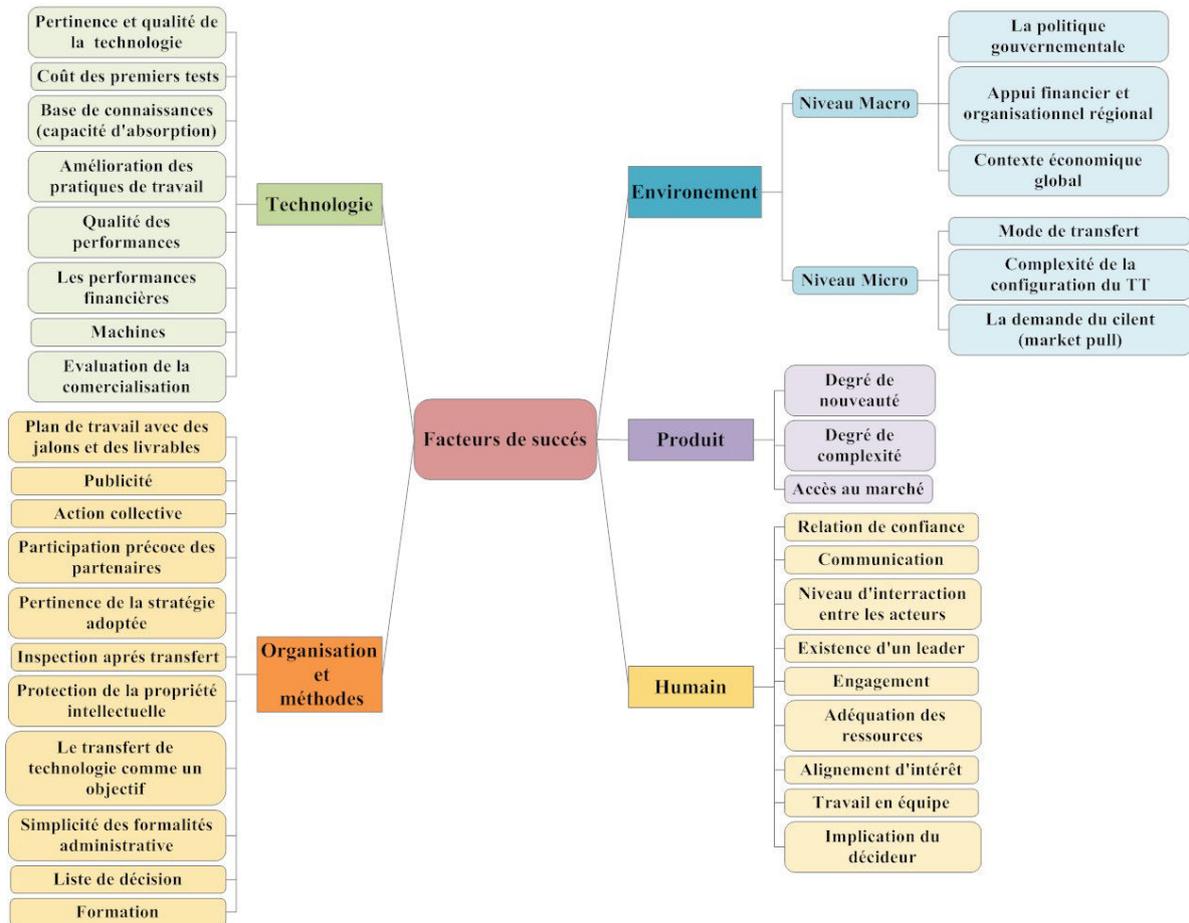


Figure 5. Notre classification des facteurs de succès après la revue de la littérature (source : notre recherche)

		Description des facteurs	Références
1	« Env. Micro »	<b>La politique gouvernementale</b> correspond à l'existence de réglementations qui peuvent impacter la dynamique des projets de TT. Par exemple, en 1980, le pacte de Bayh-Dole a permis aux universités et petites entreprises aux Etats-Unis d'obtenir des financements fédéraux aux inventions. En 2005, le gouvernement français a décidé d'accorder une subvention officielle et de supporter 66 pôles de compétitivité pour rassembler les acteurs publics (universités, institutions gouvernementales...) et privés dans le but de renforcer la compétitivité des entreprises françaises.	(Waroonkun and Stewart 2008) (Kodama 2008) (IFA Invest in France Agency 2006)
2		<b>L'appui financier et organisationnel régional</b> qui correspond aux facilités que la région peut offrir pour encourager les investissements comme l'exonération de charges, ou l'accès aux crédits. Ces facilités peuvent aider pour financer un projet de TT.	(Rogers et al. 2001) (Autant- Bernard et al. 2005)
3		<b>Le contexte économique global</b> qui peut influencer la dynamique des projets de TT surtout dans le contexte des PME (exemple crise économique mondiale ou nationale)	(Lee and Win 2004) (Greiner and Franza 2003) (Lee 1994)
4	« Env. Macro »	<b>Le mode de transfert</b> adopté dans un projet de TT peut influencer sa dynamique (partenariat, collaboration R&D, formation...)	(Waroonkun and Stewart 2008)
5		<b>La complexité de la configuration du TT</b> est liée à la multiplicité des acteurs dans un projet de TT et à l'existence de relations hiérarchiques entre les différents acteurs.	(TEURPIN 2001) (Malik 2002)
6		<b>La demande du client</b> peut être un catalyseur pour le projet de TT.	
7	« Humain »	<b>La relation de confiance</b> correspond à la « culture de confiance » entre les organisations impliquées. Cette confiance est très importante quand différents individus travaillent dans le cadre d'un projet de TT. Elle nécessite l'utilisation d'un langage explicite compris par l'ensemble des parties et qui aboutit souvent au développement de réseaux professionnels.	(Kumar and Uruthirapathy 2007) (Tu et al. 2006)
8		<b>La communication</b> est illustrée par la capacité de bonne entente et d'échange entre les partenaires d'un projet de TT. Cette capacité est très importante car le transfert de technologie est un processus d'échange bidirectionnel.	(Erlich and Gutterman 2003) (West and Bamford 2005)
9		<b>Le niveau d'interaction entre les acteurs</b> correspond au niveau de consultation entre les décideurs et les différentes parties prenantes. Les discussions ouvertes sont essentielles pour la construction de vrais partenariats.	(Chauvet 2003) (Zahra and George 2002)
10		<b>L'existence d'un leader</b> facilite le transfert de technologie en permettant d'avoir un interlocuteur défini. Ce rôle est très souvent difficile à déterminer dans le cadre du TT. Il est souvent confondu avec le responsable R&D.	(Malik 2002) (Carr 1992)
11		<b>L'engagement</b> des acteurs d'un projet de TT est crucial pour son succès. En effet, l'absence d'intérêt dans le projet est une barrière connue à l'aboutissement du transfert de technologie.	
12		<b>L'adéquation des ressources</b> correspond à la disponibilité des ressources humaines qui peuvent aider à surmonter certains problèmes lors du projet de TT.	
13		<b>L'alignement des intérêts</b> entre les partenaires du transfert de technologie est très important : les deux parties doivent être motivées par le projet.	
14		<b>Le travail en équipe</b> est une attitude nécessaire pour l'échange entre les différentes parties prenantes.	
15	<b>L'implication des décideurs</b> est très importante pour implémenter la culture du changement.		
16		<b>Le plan de travail avec des jalons et des livrables</b> est nécessaire pour optimiser les chances de succès du projet de TT.	(Morrissey and Almonacid 2005)
17		<b>La publicité</b> correspond aux efforts livrés par l'« émetteur » potentiel pour valoriser la technologie et rester en contact avec le public et les partenaires industriels. Elle peut être sous forme de newsletters ou de démonstrations...	(Siegel et al. 2003)

18	« Organisation et méthodes »	Les <b>actions collectives</b> correspondent aux tâches réalisées à la fois par l'« émetteur » et le « récepteur » de la technologie en collaboration.	(Lane 2003) (Souder et al. 1990)
19		L' <b>implication rapide et active des partenaires</b> dès le démarrage du projet de TT.	
20		La <b>pertinence de la stratégie adoptée</b> qui traduit le choix d'une stratégie qui prend en compte le niveau de familiarité du « récepteur » avec la technologie adoptée.	
21		L' <b>inspection après transfert</b> qui consiste à évaluer le résultat du transfert et en particulier vérifier si les besoins du « récepteur » sont satisfaits par la technologie adoptée.	
22		La <b>protection de propriété intellectuelle</b> qui consiste à obliger les partenaires du projet de TT à avoir une procédure claire pour protéger le résultat de leur partenariat.	
23		Le <b>transfert de technologie comme objectif</b> correspond à l'implication du récepteur de la technologie dès le début du développement.	
24		La <b>simplicité des formalités administratives</b> permet de surmonter les barrières bureaucratiques qui peuvent pénaliser le projet de TT.	
25		La <b>liste de décision</b> décrit la méthode de prise de décision tout au long du processus de développement.	
26		La <b>formation</b> est nécessaire pour aider les employés à surmonter la peur des changements des méthodes de travaux liés au transfert de technologie.	
27	« Technologie »	La <b>pertinence et la qualité de la technologie</b> correspondent à la tangibilité et adaptabilité de la technologie en question.	(Kodama 2008) (Kumar and Uruthirapathy 2007) (Tu et al. 2006) (Erlich and Gutterman 2003) (Szulanski 2000)
28		Le <b>coût des premiers tests</b> peut être un facteur critique pour le succès du processus de TT. En effet, ce coût peut être dissuasif surtout pour une PME et constituer alors un obstacle.	
29		La <b>base de connaissance (capacité d'absorption)</b> correspond à la familiarité avec la technologie qui peut être liée à des connaissances déjà acquises.	
30		L' <b>amélioration des pratiques de travail</b> correspond aux changements positifs au niveau des conditions ou pratiques de travail que le transfert de technologie doit amener pour faciliter son adoption par les employés.	
31		Le <b>niveau de qualité</b> correspond à l'évolution de la qualité des produits réalisés après le TT qui se doit d'être positif sinon le transfert est mis en péril.	
32		Les <b>performances financières</b> correspondent à la nécessité d'évaluer analytiquement le gain réalisé suite au transfert de la nouvelle technologie (gain de temps, économie de matières et/ou opérations...)	
33		<b>Machines</b> : correspond à la disponibilité des ressources matérielles adéquates.	
34		<b>Evaluation de la commercialisation</b> possible de la technologie pour des applications industrielles.	
35	« Produit »	<b>Degré de nouveauté</b> qui correspond au niveau d'innovation du produit.	(Autant- Bernard et al. 2005)
36		<b>Degré de complexité</b> lié au niveau de difficulté de fabrication du produit (nombre d'opérations, traitements préliminaires, matériels...)	
37		L' <b>accès aux marchés</b> décrit le niveau d'assistance accordé par le centre de transfert au récepteur pour commercialiser les produits et services de la technologie transférée.	

Tableau 8. Description des facteurs de succès du TT (source : littérature / notre recherche)

## 2.3. Limites de la littérature sur le Transfert de Technologie

Malgré une littérature dense sur le transfert de technologie, il reste des zones d'ombre relatives à ce sujet. En effet, il y a encore un besoin important de mieux connaître et maîtriser le processus de transfert. Notre revue de la littérature nous a permis de mettre évidence les constats suivants :

### Des limites au niveau de la modélisation

- *une modélisation basée sur une analyse a posteriori difficile à relier avec le terrain* : le TT comme tout processus doit être modélisé pour en améliorer sa connaissance et sa maîtrise. Toutefois, nombre de productions portent sur des analyses a posteriori : les chercheurs interrogent les contributeurs après que le processus ait eu lieu. Les modèles élaborés sont donc issus le plus souvent d'enquêtes auprès d'acteurs et non d'observations in situ. Ces modèles ne prennent pas en compte l'évolution des projets de transfert de technologie dans le temps. De ce fait, il reste difficile d'établir un lien entre le modèle et la réalité des projets de TT d'une part et d'avoir une représentation dynamique des projets d'autre part. En conséquence, peu d'articles s'intéressent au lien entre les modèles théoriques, la description de projets réels avec ces modèles et les règles de pilotage adaptées à la description obtenue.
- *manque de modèles au niveau micro* : les modèles qui traitent du transfert de technologie s'intéressent à ce dernier d'un point de vue bien précis : Large et Barclay (Large and Barclay 1992) ont examiné le transfert de technologie d'un point de vue marketing, Levin (Levin 1993), Gilbert et Cordey-Hayes (Gilbert and Cordey-Hayes 1996) d'un point de vue organisationnel. De plus, les analyses concernent très rarement le niveau micro du TT entre un centre de transfert et une PME alors que ces dernières ont un poids important dans la dynamique économique. Selon l'INSEE, en France, en 2007, les PME ont dépassé 97% du nombre total des entreprises (95% du total des entreprises compte moins de 20 salariés) du champ industrie-commerce-service (PME.GOUV 2007).
- *des modèles de granularités différentes* : la littérature compte un grand nombre de modèles du transfert de technologie. Cette multitude de modèles présentent des granularités très variables : de l'échelle du projet (Souder et al. 1990) à celle de l'intra-organisation (Malik 2002). Ceci ne favorise pas la compréhension. Il est illusoire de penser proposer un unique modèle pour des processus aussi complexes. Il serait également dogmatique d'accepter un modèle linéaire ou un modèle interactif comme le principal modèle de transfert de technologie. Tout d'abord, il s'agit d'une interprétation limitative que de considérer que l'interaction entre un « émetteur » et un « récepteur » incarne le transfert de technologie. En effet, le sens de cette interaction peut très bien se trouver inversé au cours du processus de transfert. Par ailleurs, le processus peut impliquer plusieurs autres acteurs tels que les utilisateurs de la technologie, les clients et des financeurs publics ou privés. Ainsi, si le modèle fondé sur l'analogie avec un modèle de diffusion (broadcast model) est vérifié à l'instant  $t = t_1$ , alors le rôle de l'«émetteur» et du «récepteur» peut être inversé à  $t = t_1 + \Delta t$ . En conséquence, le modèle de diffusion représente une approche élémentaire et ne représente pas la dynamique et la complexité du projet TT. Deuxièmement, pour comprendre une telle complexité, il est important d'examiner le développement et les échanges en termes de connaissances et de technologies dans des projets impliquant des acteurs multiples et avec divers impacts (Kingsley et al. 1996). Ainsi, tout projet

de transfert a ses propres caractéristiques. Il peut être linéaire ou interactif en fonction de la phase de transfert considérée. A ce jour, à notre connaissance, il n'existe pas d'articles proposant une taxonomie des modèles existants dans la littérature. De plus, la transition entre les phases, le contenu et la durée de chaque phase de certains modèles restent assez obscurs.

- *une vision à sens unique du TT* : la plupart des modèles de TT n'abordent pas les aspects de construction de connaissances collectives où les différentes parties prenantes montent en compétences. En effet, selon la classification de (Liu et al. 2009) des flux détaillés dans le paragraphe 2.1.3, les flux de connaissances technologiques bidirectionnels et les flux de connaissances technologiques interchangeableables sont très peu mis en valeur en faveur d'une vision à sens unique du transfert (broadcast model). La littérature du TT présentent les laboratoires de recherche universitaires et les centres de transfert comme la source dominante de connaissance dans la relation université – industrie, l'université reste un des lieux de production de la connaissance en général et dans le cadre des projets de transfert en particulier. La vision de l'entreprise comme source de savoir pour le monde académique est totalement négligée dans les publications. Ceci s'explique en partie par le fait que la littérature est pour l'essentiel alimentée par des travaux de chercheurs appartenant au monde académique et qui souvent sont dans une posture de valorisation de la recherche universitaire.

### **Des limites dans l'évaluation**

- *pas d'outils pour l'évaluation des facteurs de succès* : la littérature fait état d'une multitude de facteurs qui ont été établis pour l'essentiel a posteriori. Le mode de définition de ces critères reste essentiellement l'enquête d'opinion. De ce fait, en termes de recherche, il reste à tester ces avis par des données de terrain (en particulier au niveau micro). Notons aussi que ces publications traitent ces facteurs clefs de succès mais n'abordent pas l'évaluation dans l'intégralité de la problématique : il n'est pas fait état de référentiel (qu'est-ce qu'un projet de TT idéal ?), de méthodes et conditions standards de collecte et traitement de données pour ne citer que deux aspects fondamentaux de l'évaluation. De plus, la mise en place d'indicateurs pour apprécier l'impact de ces facteurs n'est pas abordée.
- *des facteurs de succès au niveau micro restent à déterminer* : plusieurs auteurs (Souder et al. 1990; Sabourin 1998; Kumar and Uruthirapathy 2007) se sont intéressés à l'identification des facteurs de succès dans la littérature du TT. Cependant, il nous semble que certains facteurs et particulièrement au niveau micro ne restent que très vaguement abordés. Par exemple, « le processus de matérialisation des concepts théoriques » et « la dynamique des flux d'échange entre acteurs » (en termes de forme et fréquence des échanges) sont deux facteurs qui nous semblent, au vue de notre expérimentation, critiques pour le transfert de technologie mais qui ne sont évoqués que très vaguement ou indirectement. Par exemple le niveau de production d'objet intermédiaire matériel (niveau de matérialisation) peut être partiellement abordé par le facteur « plan de travail avec des jalons et des livrables ». Cette limite de la littérature est en partie due au manque d'études qui traitent le TT au niveau micro.

### **Des limites dans le pilotage**

- Nous avons remarqué dans notre revue de la littérature qu'il existe un manque d'outils et de modèles qui permettent la gestion d'un projet de TT dans son ensemble,

l'intégration des différentes étapes de ce dernier et le point de vue des acteurs appartenant à différents niveaux de décision. De plus, nous avons remarqué qu'il n'existe pas d'indicateurs pour aider les décideurs aux niveaux micro et méso. Plus particulièrement, l'étude du niveau micro semble délaissée. En fait, il existe peu d'outils pour aider les décideurs à évaluer la rentabilité d'un projet de TT a priori et en continu.

## **2.4. Conclusions du chapitre**

Dans ce chapitre, nous avons cherché à mieux comprendre le processus de transfert de connaissances entre un centre de transfert de technologie et une PME à travers une revue de la littérature. Ce faisant, nous avons pu mettre en évidence le fait que les laboratoires de recherche universitaires et les centres de transfert sont présentés comme la source dominante de connaissances dans la relation université - industrie. Certes, l'université reste un des lieux de production de la connaissance en général et dans le cadre des projets de transfert en particulier mais nous pouvons nous interroger sur le rôle réel de la PME dans un projet de transfert. Le projet de transfert n'est-il pas une construction entre les différents acteurs grâce à un échange mixte avec des flux bidirectionnels et monodirectionnels ? Ces flux permettent de faire émerger une dynamique des connaissances. Ainsi, n'y aurait-il pas une montée en compétences pour les différents acteurs ? Nous avons montré dans ce chapitre l'existence d'une multitude d'acteurs impliqués qui regardent le TT de différents points de vue (macro, méso et micro) et d'une multitude de modèles. Nous avons proposé une taxonomie de ces modèles selon trois courants de modélisation différents qui abordent le TT avec des granularités différentes (intra-organisationnelle, inter-organisationnelle et projet). Nous avons remarqué que, malgré une littérature dense sur le TT, il y a un manque d'outils et de modèles qui permettent la gestion d'un projet de TT dans son ensemble, l'intégration des différentes étapes de ce dernier et le point de vue des acteurs appartenant à différents niveaux de décision. Ces modèles restent descriptifs, ne prennent pas en compte l'axe du temps et souvent, ils sont présentés comme linéaires.

De ce fait, il apparaît intéressant de proposer un modèle dynamique qui prend en compte l'axe du temps et de le tester sur des projets réels. De plus, nous avons remarqué qu'il n'existe pas d'indicateurs pour aider les décideurs aux niveaux micro et méso. Plus particulièrement, l'étude du niveau micro semble totalement délaissée. En fait, il n'existe pas d'outil pour aider les décideurs à évaluer la rentabilité d'un projet de TT.

## **Chapitre 3. Notre contribution : Proposition d'une méthodologie et d'une approche de modélisation**

*« Le vrai point d'honneur n'est pas d'être toujours dans le vrai. Il est d'oser, de proposer des idées neuves, et ensuite de les vérifier. Il est aussi bien sûr de savoir reconnaître publiquement ses erreurs (...). L'honneur du scientifique est absolument à l'opposé de l'honneur de Don Diègue. Quand on a commis une erreur, il faut accepter de perdre la face. »*

**Pierre-Gilles de Gennes** (1932-2007), cité dans Le Monde daté du 23 mai 2007.

### **But du chapitre**

Dans ce chapitre, nous proposons d'exposer notre contribution à une meilleure compréhension du processus de transfert de technologie avec d'abord la définition adoptée pour le transfert de technologie. Ensuite, nous présentons une reformulation de la problématique de recherche en questions plus précises. Après, nous détaillons notre méthodologie d'observation. Enfin, nous proposons une modélisation conceptuelle du projet de transfert de technologie. En effet, forts des constats établis par l'état de l'art des modèles de transfert de technologie, nous proposons une modélisation basée sur une vision ingénierie systémique du projet de transfert de technologie afin de pallier aux limites observées des modèles existants.

### **3.1. Définition adoptée du Transfert de Technologie (TT)**

Dans le cadre de ce travail, à la lumière de notre état de l'art qui admet l'existence de flux d'échanges bidirectionnels, nous considérons le processus de TT comme une construction de connaissances. Nous devons étudier si cela reste vrai au niveau micro. Cette construction prend corps grâce à un processus d'échange et de partage d'idées, de pratiques, objets, savoir-faire, connaissances techniques et informations. Ce processus d'échange se produit entre une structure qui détient des connaissances à dominante théorique et une structure industrielle qui détient des connaissances à dominante métier. Ce processus est dynamique, limité dans le temps et peut impliquer d'autres acteurs comme les institutions publiques ou d'autres structures industrielles. La propriété intellectuelle est alors au centre de cette construction. Nous adoptons la position de Bozeman basée sur les travaux de Sahal (Sahal 1981; Sahal 1982), qui considère la technologie et le transfert des connaissances inséparables. Cela signifie que « Sans la base de connaissances de la personne physique, la technologie ne peut pas être mise à profit. Ainsi, la base de connaissances est inhérente, non accessoire ».

### **3.2. Problématique**

Notre problématique de départ détaillée dans le Chapitre 1, paragraphe 1.3 est composée principalement de deux interrogations :

**(1) Comment décrire et suivre un processus de transfert de technologie entre une PME et un CTT au niveau micro pour une meilleure compréhension et connaissance des phénomènes à piloter ?**

**(2) Comment agir sur le processus de transfert de technologie entre une PME et un CTT au niveau micro pour mieux le piloter ?**

La revue de la littérature nous a permis de l'affiner pour aboutir à des questionnements et des hypothèses précises. La Figure 6 permet de retracer le processus de construction de notre problématique. En effet, notre point de départ a été les quatre constats effectués lors de la phase d'identification des pistes de recherche. L'identification des besoins des acteurs terrain et la maturation de la recherche bibliographique nous ont permis d'établir cinq questionnements qui résument les objectifs de cette thèse.

#### 4 constats

##### 1- Limites de la littérature sur le TT

- Etude a posteriori
- Lien difficile à établir entre modèles théoriques et terrain

##### 2- Recensement de la littérature sur le TT

- Peu d'écrits sur le niveau micro
- Peu d'écrits s'intéressent au TT dans le cadre des PME

##### 3- Littérature hétérogène, manque de consensus

- Modèles de granularités différentes
- Linéarité, non linéarité, « Emetteur », « Récepteur », construction...

##### 4- Ingénierie de l'innovation : besoin d'un outil de pilotage de projet de TT

- Absence de lien entre modèle théorique et règles de pilotage
- Absence d'outil de suivi

#### 2 Questions de départ

- 1- Comment décrire et suivre le processus de TT entre un CTT et une PME au niveau micro pour une meilleure compréhension ?
- 2- Comment agir sur le processus de TT pour mieux le piloter au niveau micro ?

#### 5 Questionnements

##### Comment décrire et suivre le processus de TT ?

##### 1- Le TT est-il une relation « Emetteur », « Récepteur » ou un échange bidirectionnel dans une optique de construction multi-acteur ?

→ But : objectiver et caractériser les échanges entre acteurs selon trois dimensions :

###### ➤ au niveau temporel

Quand y-a-t-il échange et quand y-a-t-il des apports unidirectionnels ?

A quelle phase du projet et selon quelle démarche ?

###### ➤ au niveau de la thématique

Sur quelles familles de sujets ?

###### ➤ au niveau de la forme

Peut-on décrire le TT sous forme d'une dynamique des compétences associant et faisant interagir plusieurs acteurs ?

Comment suivre et évaluer la dimension immatérielle qui passe par les canaux oraux de la communication ?

Comment étudier et suivre le contenu des échanges immatériels (oraux) mais aussi les échanges matériels (des objets) ?

Quels rôles jouent les objets matériels dans le transfert de technologie ?

##### 2- Quels sont les écarts entre la réalité et les modèles existants du TT ?

→ But : tester les limites des modèles trouvés dans la littérature en considérant les questions suivantes :

➤ sont-ils exploitables étant donné la nature des données récoltées (documents,

transcriptions de réunions, prototype, produit, outil, outillage...)?

➤ l'observation permet-elle de valider la modélisation du TT ?

➤ comment la dimension humaine du processus de TT est-elle prise en compte dans les modèles de TT existants ?

➤ à quoi peut-on identifier ces phases dans le cadre de notre terrain expérimental ?

➤ quelles relations entre ces phases et le contenu des échanges ?

➤ existe-t-il des objets clefs pour certaines phases du processus ?

➤ quelle est l'unité temporelle (quelle durée ?) pour ces phases et pour les projets de transfert d'une manière générale ?

##### Comment agir sur le processus de TT ?

##### 3- Quels sont les facteurs associés au déroulement du processus qui conditionnent le succès dans le TT ?

→ But : définir quels facteurs externes et internes au projet de TT favorisent ou au contraire inhibent le succès du processus de TT.

➤ comment mesure-t-on le succès du TT ?

➤ quels facteurs sont observables et quelles classifications retenir au niveau micro ?

➤ comment apprécier et mesurer ces facteurs en pratique ?

##### 4- Comment comparer des processus pour identifier les sources de variabilité et les phénomènes invariants pour une meilleure prise de recul ?

→ But : identifier les sources de variabilité et les invariants.

##### 5- Comment aider un décideur ou un financier à suivre le déroulement d'un projet de TT ?

→ But : identifier les leviers d'action.

➤ quelles données et quelles conclusions dans le domaine de l'ingénierie découlent de l'observation du TT au niveau micro ?

➤ peut-on par des observations en cours de projet, caractériser celui-ci et proposer des modes de pilotage spécifiques ?

➤ peut-on identifier des invariants au niveau micro et en déduire des « bonnes pratiques de pilotage » ?

#### Phases

Identification des pistes de recherche

Structuration de la recherche bibliographique

Maturation de la recherche bibliographique et identification des besoins des acteurs terrain

Axe temps

Figure 6. Maturation de la problématique

- **Comment décrire et suivre un processus de transfert de technologie entre une PME et un CTT au niveau micro pour une meilleure compréhension et connaissance des phénomènes à piloter ?**

En tenant compte des échanges d'informations, de la construction des objets innovants conçus, des prises de décisions, du degré de confiance entre acteurs, de la multiplicité des acteurs et de la variabilité du nombre de ceux-ci dans le temps,...

### *1. Le TT est-il une relation « émetteur » « récepteur » ou un échange bidirectionnel dans une optique de construction multi-acteurs ?*

Nous avons vu que deux visions plus ou moins complémentaires existent dans la littérature relativement aux confrontations des acteurs du TT. Une vision de type « émetteur / récepteur » et une vision plus proche d'un échange permanent (courant N° 3 de modélisation détaillé dans le paragraphe 2.2.2). Ces concepts sont issus de techniques de recherche de type entretien d'acteurs concernés a posteriori et ils concernent le niveau méso. Notons que parfois les publications reposent sur des interviews d'un seul acteur du TT et non pas de toutes les parties prenantes.

Notre but étant une meilleure compréhension des phénomènes dans le quotidien du projet de TT, nous avons cherché à interpréter les données recueillies dans le suivi du panel d'entreprises sous forme de caractéristiques de la relation de travail entre les interlocuteurs du TT.

Plus précisément, notre priorité a été l'élucidation des problèmes temporels (quand se fait la relation), thématiques (sur quel thème porte la relation) et de forme (média utilisé). Ainsi, pour les échanges analysés selon le niveau micro, nous proposons : la notion de dominance et la différenciation « matérielle » et « immatérielle » comme phénomènes descriptifs de l'échange.

#### **Postulat de dominance en réponse au besoin d'objectiver l'échange**

Dans le but d'objectiver les échanges étudiés et de caractériser leur hétérogénéité, nous faisons appel à la notion de dominance, c'est-à-dire que nous supposons que sur une unité de temps précise (dans notre étude nous adoptons la réunion comme unité de temps) et sur certaines familles de sujets (contenu du discours), un acteur parmi les parties prenantes peut s'avérer dominant. Plus précisément, il peut intervenir majoritairement en nombre d'échanges pour apporter de la connaissance par rapport à son interlocuteur sur une famille de sujets donnés. Ce phénomène de dominance est donc notre façon de mettre à jour l'hétérogénéité des échanges et de montrer qu'il y a sans doute construction grâce à une alternance de dominances : des échanges équilibrés sur certains sujets (alternance de dominance équivalente entre les acteurs), des échanges déséquilibrés (un acteur plus fournisseur que son interlocuteur) et à l'extrême des échanges mono directionnels (apport unique par un acteur).

#### **Postulat des deux dimensions : « matérielle » et « immatérielle » en réponse au besoin d'étudier le contenu des échanges**

Dans notre étude des échanges, le contenu prend une importance cruciale. En effet, transférer et manager une technologie ne se résume pas à une somme

d'informations scientifiques et techniques mais fait bien appel à d'autres savoir-faire en matière d'organisation et implantation de la technologie au niveau stratégique et opérationnel (Liao 2005). Le TT concerne les connaissances théoriques et savoir-faire pratiques mais également la matière : des produits, des outils, des machines et des outillages sont créés ou mis au point. Conscients de l'importance des échanges oraux et des objets, nous avons choisi d'étudier le contenu des échanges en nous basant sur ces deux dimensions : « matérielles » et « immatérielles ». La dimension « matérielle » a été caractérisée en introduisant la notion d'Objet Intermédiaire de Transfert, que nous dénommons OIT. Ces objets sont classifiés en catégories. Cette classification est basée sur la fonction de ces objets. Leur nombre et leurs apparitions sont alors étudiés (voir paragraphe 3.3.2.2). La dimension « immatérielle » a été, elle, caractérisée par des familles de sujets potentiellement abordables lors d'un projet de transfert de technologie. L'apparition de ces familles de sujets dans les réunions de travail et la dominance de chaque partie prenante pour chaque famille de sujets sont alors étudiées à l'échelle de la réunion et du projet. Ces classifications sont donc notre moyen d'étudier dans le détail, à l'échelle micro, les échanges entre les différentes parties prenantes.

## ***2. Quels écarts entre la réalité et les modèles existants du transfert de technologie ?***

Afin de caractériser les limites des modèles (identifiés dans le Chapitre 2, paragraphe 2.2.2) vis-à-vis des observations de terrain, nous avons testé différents aspects :

*Pour les modèles présentant le TT comme arrangement de réseaux (courant N° 1 de la littérature) :*

- nous avons cherché à modéliser la relation entre les acteurs clefs du projet de TT entre un CTT (Centre de Transfert de Technologie) et une PME du point de vue de l'ingénierie système et de la comparer aux modélisations trouvées dans la littérature,
- nous nous sommes interrogés sur la prise en compte de la problématique d'interopérabilité entre les organisations impliquées dans la modélisation.

*Pour les modèles présentant le TT comme une succession de phases (courant N° 3 de la littérature) :*

- est-il aisé d'affecter une observation (une donnée de terrain) à une phase théorique ou est-il possible au modélisateur d'affecter une même observation à plusieurs phases ? Par exemple, l'action de tester des pièces n'est pas caractéristique d'une phase en particulier ; en effet, on peut l'observer dans les phases : « prospection », « développement » et « essai ».
- certaines phases sont-elles absentes de nos observations (panel d'entreprises) et dans ce cas pourquoi ? Par exemple, la phase « prospection » n'est pas apparue dans le projet long-terme de l'entreprise A.

- existe-t-il des phénomènes de terrain qui ne relèvent d'aucune phase répertoriée dans les modèles de la littérature ? Par exemple, la phase « Contact / Niveau de confiance » que nous proposons et qui traduit la construction d'une relation de confiance entre les différentes parties prenantes et la prise en compte de la dimension humaine du processus de TT. Cette phase est le lien entre les différents projets qui peuvent avoir lieu entre les mêmes parties prenantes ; elle englobe la mémoire de la collaboration entre ces mêmes acteurs.
  - en ce qui concerne la caractérisation des phases au niveau strictement micro : il nous est apparu intéressant d'étudier si certains OIT (Objet Intermédiaire de Transfert) ne se retrouvaient que dans certaines phases et de même si certains sujets n'étaient traités par les acteurs que dans certaines phases.
- **Comment agir sur le processus de transfert de technologie entre une PME et un CTT au niveau micro pour mieux le piloter**

### *3. Quels sont les facteurs associés au déroulement du processus qui conditionnent le succès dans le transfert de technologie ?*

Nous avons vu que, dans la littérature, les facteurs clefs de succès du TT sont multiples et qu'ils ont été établis a posteriori. Le mode de définition de ces critères reste essentiellement l'enquête d'opinion. De ce fait, en termes de recherche, il reste à tester ces avis par des données de terrain (en particulier au niveau micro). Notons aussi que ces publications traitent ces facteurs clefs de succès mais n'abordent pas l'évaluation dans l'intégralité de la problématique : il n'est pas fait état de référentiel (qu'est-ce qu'un projet de TT idéal ?), de méthodes et conditions standards de collecte et traitement de données pour ne citer que deux aspects fondamentaux de l'évaluation.

La mise en place d'indicateurs mesurables s'avère critique en vue d'apprécier les facteurs de succès. La première difficulté est dans le choix des phénomènes observables qui traduisent un facteur de succès, la deuxième est la mise en place d'une méthodologie et d'outils d'extraction et d'analyse des données qui soit répétable et rigoureuse. Par exemple, pour attester de pratiques de protection de la propriété intellectuelle, nous avons créé une catégorie d'objet de transfert nommée « Documents confidentialité / Propriété intellectuelle ». Cette catégorie regroupe les objets intermédiaires qui traitent de la protection et du partage de la propriété intellectuelle. Elle comporte par exemple les NDA (Accord de non divulgation). Le suivi des objets appartenant à cette catégorie nous permet d'apprécier dans une certaine mesure les efforts déployés par les parties prenantes dans le domaine de la propriété intellectuelle.

Pour aborder ce problème de quantification de l'impact de certains facteurs de succès, nous n'avons pas cherché à mettre en place une métrologie car ceci nous a semblé être une thématique de thèse en soi. De ce fait, nous avons choisi de vérifier l'influence présumée de certains facteurs clefs de succès trouvés dans la littérature. Plus précisément, nous avons établi une liste de ces facteurs de succès (exemple : une politique claire de propriété intellectuelle existe entre les partenaires du TT). Ensuite nous avons défini des phénomènes observables au niveau micro de ces facteurs clefs (exemple : élaboration de contrat de confidentialité) et enfin nous avons étudié si dans nos données de terrain nous pouvions relever des faits correspondant à ces phénomènes observables (exemple : un OIT existe appelé Accord de non divulgation (NDA)).

Ainsi, nous pouvons vérifier si les facteurs de succès sélectionnés sont des thématiques préoccupant les acteurs. Bien sûr, cela ne mesure pas l'impact exact de ces facteurs mais la comparaison de cinq cas d'étude permet d'envisager l'existence de liens entre le résultat final d'un projet et la prise en compte ou non par les parties prenantes de certains facteurs. En effet, en plus d'une étude comparative, nous avons réalisé une analyse multicritère à l'aide des ensembles approximatifs (rough sets) sur une partie des données récoltées afin de valider certains constats établis par l'analyse comparative.

#### ***4. Comment comparer des processus pour identifier les sources de variabilité et les phénomènes invariants pour une meilleure prise de recul ?***

La littérature atteste d'une variabilité du TT liée à la nature des acteurs impliqués, à l'application (nature du projet) et à l'environnement technico-économique. Différents auteurs proposent alors des méta-modèles que nous avons décrits au Chapitre 2. Toutefois, il est important pour le chercheur de comprendre cette variabilité (pour, à terme, fixer des règles d'utilisation des modèles et fixer des limites à ces règles). Nous avons donc cherché à identifier au niveau micro :

- des invariants,
- des phénomènes non récurrents.

L'identification des phénomènes pertinents observables et la mise en place d'un protocole d'observation et d'analyse sont alors fondamentales. En effet, l'observation sur le terrain et l'application d'une modélisation du processus de TT donnent accès à des données de nature qualitative et quantitative. Le choix d'indicateurs qui s'intéressent à des phénomènes observables précis suivant un protocole expérimental instrumenté d'outils d'extractions (grilles d'observations, grilles récapitulatives) et d'analyses (modèle de transfert de TT, tableaux croisés dynamiques comparatifs) nous ont permis d'avoir des éléments comparables entre les cinq cas d'étude considérés. Ces éléments sont plus précisément :

- les valeurs des différents indicateurs pour chaque projet, par exemple le  $T_r$  : taux de participation du PDG aux contacts directs (réunions), ou le : taux de matérialisation (nombre d'objets intermédiaires par mois).
- la séquence d'apparition des phases du projet de TT.
- la forme de l'échange adopté pour chaque projet.
- les familles de sujets les plus abordés par projet.
- les familles de sujets les plus abordés par phase de projet.
- la dominance par familles de sujets.
- la quantification du nombre d'objets appartenant à chaque catégorie d'OIT (Objets Intermédiaires de Transfert).
- l'apparition des catégories d'objets par phase de projet.

#### ***5. Comment aider un décideur ou un financeur à suivre le déroulement d'un projet de transfert de technologie ?***

Le but est d'identifier des « bonnes pratiques » pour guider les décideurs. En effet, l'observation in situ donne accès à une multitude de données. Pour extraire des « bonnes

pratiques » c'est-à-dire des propositions de tâches et résultats intermédiaires à produire pour améliorer la dynamique d'échanges, nous avons cherché à favoriser des phénomènes qui ont émergé des questionnements précédents. Par exemple, le niveau de matérialisation dans un projet a été considéré comme un levier pour accroître les collaborations entre acteurs du TT. La dynamique de rencontre (nombre, présence du dirigeant...) est un second aspect favorisant. Le niveau de formalisation des résultats est aussi considéré comme favorable. L'identification de ces pratiques en plus d'outils de suivi quotidien et périodique du processus de TT permet aux décideurs un meilleur pilotage du projet de TT. Dans cet esprit, nous proposons une méthodologie de suivi de projet de TT riche d'une liste d'indicateurs de suivi ainsi qu'un modèle qui permet de visualiser la combinaison des phases de ce dernier et donc d'avoir du recul sur le déroulement du projet. Nous proposons aussi une liste de 17 bonnes pratiques identifiées grâce à l'exploitation et l'interprétation des données terrain sur cinq cas d'étude.

Pour répondre à ces questions, une méthodologie d'observation a été mise au point. Cette méthodologie est détaillée dans le paragraphe 3.3. Nous présentons également une proposition de modélisation conceptuelle pour le projet de transfert de technologie détaillée dans le paragraphe 3.4.

### **3.3. Proposition d'une méthodologie d'observation**

Le transfert de technologie s'effectue grâce à plusieurs sortes de mécanismes (formation, dépôt de brevet, journée technique...). Ces mécanismes sont plus au moins faciles à évaluer. Ils font appel à des interactions formelles et informelles. Ces interactions peuvent prendre plusieurs formes d'échanges : directs (réunions), téléphoniques, écrits et par messagerie électronique. Il est donc important de suivre l'influence de la forme des échanges sur l'aboutissement des projets de transfert.

Dans notre étude des échanges, le contenu prend une importance cruciale. En effet, transférer et manager une technologie ne se résume pas à une somme d'informations scientifiques et techniques mais fait bien appel à d'autres savoir-faire en matière d'organisation et implantation de la technologie au niveau stratégique et opérationnel (Liao 2005). Le TT concerne les connaissances théoriques et savoir-faire pratiques mais également la matière : des produits, des outils, des machines et des outillages sont créés ou mis au point. Conscients de l'importance des échanges oraux et des objets, nous avons choisi d'étudier le contenu des échanges en nous basant sur ces deux dimensions : « matérielle » et « immatérielle ». Ces deux dimensions sont complémentaires. Notons que nous nous basons uniquement sur des observables attestés ; c'est-à-dire des faits indépendants de l'observateur (documents par exemple).

La dimension « matérielle » a été caractérisée en introduisant la notion d'Objet Intermédiaire de Transfert (OIT). Ces objets sont classifiés en catégories. Cette classification est basée sur la fonction de ces objets. Leur nombre et leurs apparitions sont alors étudiés. La dimension « immatérielle » a été elle caractérisée par des familles de sujets potentiellement abordables lors d'un projet de transfert de technologie. L'apparition de ces familles de sujets dans les réunions de travail et la dominance de chaque partie prenante pour chaque famille de sujets sont alors étudiées à l'échelle de la réunion et du projet. Ce phénomène de dominance est donc notre façon de mettre à jour l'hétérogénéité des échanges et de montrer qu'il y a sans doute construction grâce à une alternance de dominances : des échanges équilibrés sur certains sujets (alternance de dominance équivalente entre les acteurs), des échanges déséquilibrés (un acteur plus fournisseur que l'autre) et à l'extrême, des échanges mono directionnels (apport unique par un acteur).

Ainsi, nous proposons d'étudier le contenu des échanges en les structurant en deux dimensions : « immatérielle » et « matérielle ».

### 3.3.1. Dimension immatérielle : dominance et contenu

Cette dimension vise à analyser principalement les échanges entre les différents acteurs en mettant l'accent sur les échanges immatériels. Nous étudions plus particulièrement : (1) la dominance dans l'échange de l'information et (2) le contenu de l'échange. Dans cette approche, l'objectif est de déterminer l'existence d'invariants relatifs aux échanges immatériels et plus particulièrement oraux tels que : la dominance d'un partenaire dans un sujet donné est-elle systématique ? Dans quelle mesure cette dominance influe sur le projet ? Certains sujets sont-ils incontournables dans le projet de transfert ?

D'autres éléments sont également suivis tels que : la durée des échanges, les acteurs participants, la fréquence des réunions...

#### 3.3.1.1. Dominance de l'échange

Il est intéressant de visualiser l'échange entre deux entités pour identifier l'existence de dominance d'un sens dans l'échange conformément à la Figure 7. La dominance est évaluée dans le cadre de cette étude par deux critères : la pertinence et la fréquence d'un sens (direction) de l'échange entre les parties prenantes, par exemple, pour le sujet S le partenaire X est dominant comparé au partenaire Y, si le flux d'informations et de connaissances est principalement de X vers Y en termes de pertinence et de quantité. La pertinence d'une information repose sur son utilité à résoudre le problème posé. Par exemple, l'indication d'une norme ou l'explication d'un problème similaire qui peut donner des pistes de réflexion ou d'analyse. Le jugement sur la dominance d'une partie prenante dans un sujet S est effectué grâce au dépouillement des notes prises lors des réunions de travail.

Il est aussi important de prendre en considération la possibilité d'intervention d'un (ou de plusieurs) tiers conformément à la Figure 8. Ce dernier peut être un consultant, un fournisseur, un client ou un partenaire...

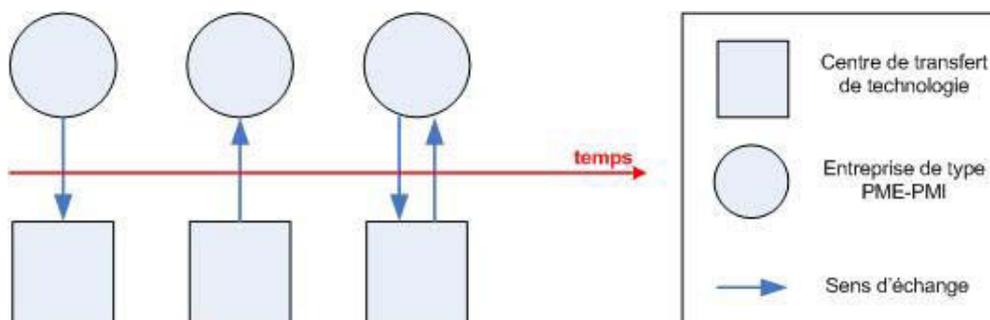
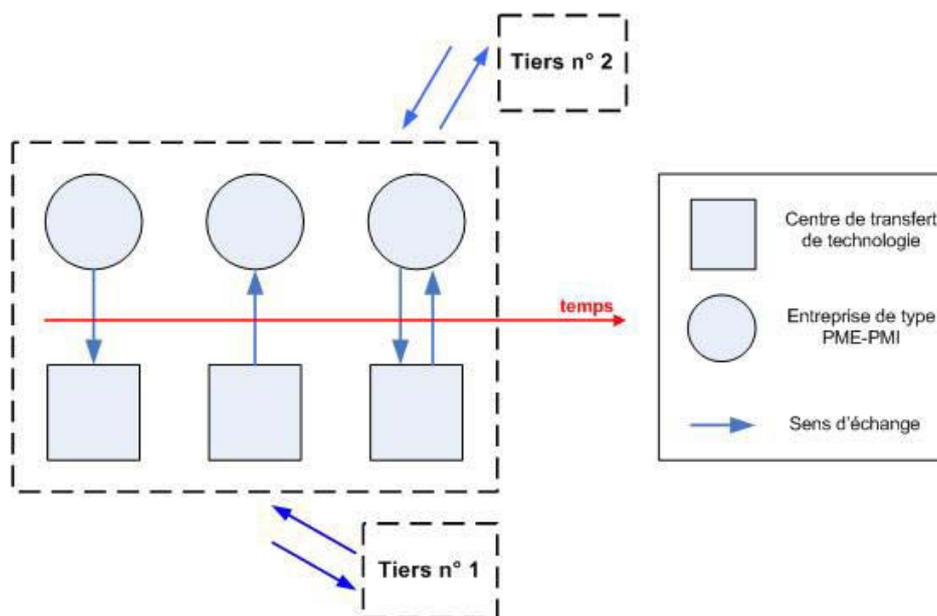


Figure 7. Visualisation des échanges sans présence d'un tiers



**Figure 8. Visualisation des échanges avec présence d'un tiers**

Dans le but d'objectiver les échanges étudiés et de caractériser leur hétérogénéité, nous proposons d'étudier la dominance, c'est-à-dire que nous supposons que sur une unité de temps précise (dans notre étude, nous adoptons la réunion comme unité de temps) et sur certaines familles de sujets (contenu du discours), un acteur parmi les parties prenantes peut intervenir majoritairement en nombre d'échanges pour apporter de la connaissance par rapport à son interlocuteur sur une famille de sujets donnés. Il est alors dominant. Ce phénomène de dominance est donc notre façon de mettre à jour l'hétérogénéité des échanges et de montrer qu'il y a sans doute construction grâce à une alternance de dominances : des échanges équilibrés sur certains sujets (alternance de dominance équivalente entre les acteurs), des échanges déséquilibrés (un acteur plus fournisseur que l'autre) et à l'extrême des échanges monodirectionnels (apport unique par un acteur).

### **3.3.1.2. Contenu de l'échange**

Il paraît évident que le contenu d'un échange autour d'une action conditionne l'aboutissement de cette dernière. Nous avons donc établi une liste de familles de sujets dans le but de codifier les échanges. Ces familles de sujets ont été établies suite à deux séances de synthèse de la littérature menées collectivement entre les membres du laboratoire ainsi qu'avec les opérateurs du centre de transfert. Lors de la première séance, une première liste de sujets a été établie. Cette liste a permis le démarrage des premières observations. La confrontation avec le terrain nous a amenés à retravailler le contenu de cette liste grâce à une deuxième séance de travail. Le Tableau 9 reprend la liste définitive des familles de sujets potentiellement abordés dans une réunion de travail. Il précise les codes associés à chaque famille. L'apparition de ces sujets est étudiée sur la période d'observation de chaque projet.

Famille de sujets	Description	Code
Confidentialité / Propriété intellectuelle	Les exigences en termes de confidentialité et les accords concernant la propriété intellectuelle.	C
Marché	Les échanges relatifs à la description du marché : les partenaires, les concurrents, les spécificités du marché, les fournisseurs...	M
Activité / Produit	La description des produits, Des précisions sur l'activité, Les objectifs produits souhaités, La stratégie produit.	AP
Technique / technologique	Les échanges relatifs à des problèmes techniques, des solutions technologiques possibles, les mises au point de procédés, sans rentrer dans une logique de résolution de problème.	T
Organisation production	Les échanges relatifs à l'organisation de production : réorganisation d'un atelier de production, redéploiement des ressources matérielles et humaines, organisation de collaboration...	O
Qualité	La qualité des produits, des procédés, La législation, Normes... Application d'une norme en particulier, Création d'un poste de contrôle qualité.	Q
Sécurité	Les exigences liées à la sécurité des postes de travail, du personnel, du produit. L'installation d'une ventilation est un exemple de sujets de sécurité.	S
Environnement	L'impact sur l'environnement : pollution, toxicité...	E
Coûts	Toute forme d'investissement : machines, poste de travail, nouvelles structures... Charges financières, Le mode de financement des investissements.	€
Expertise	Expertise Générale : le besoin de connaître son environnement : veille technologique, étude du marché, intelligence économique.	EX <sub>G</sub>
	Expertise Personnalisée : solution à un problème technique précis, trouver des sous-traitants, des fournisseurs, accompagner le développement d'un produit	EX <sub>P</sub>

**Tableau 9. Codification des sujets**

### 3.3.2. Dimension matérielle : OIC versus OIT

Lors de notre première visite d'entreprise, nous nous sommes rendus compte de l'importance des objets pour mener à bien un projet. En effet, durant les observations exploratoires, nous avons constaté que les acteurs produisent des croquis, schémas pour pouvoir communiquer et qu'ils ont besoin de mettre sur papier certaines idées pour pouvoir construire ensemble ou montrer des pièces pour exprimer leurs besoins et leurs idées. Il s'agit notamment de schémas, dessins industriels qui sont des vecteurs de communication entre les gens du métier (Vinck 2006). On constate même que des projets commencent par un travail de réalisation d'une « pièce » avant même toute étude.

La caractérisation de ces objets et leur suivi permet de visualiser les processus de transfert et de mettre en évidence d'importantes différences d'un processus à l'autre. L'identification des OIC (Objet Intermédiaire de Conception) permet d'accéder à des acteurs engagés dans l'action mais qui n'apparaissent pas spontanément dans les discours des acteurs interrogés. En ce sens, ces objets contribuent à révéler des relations, des acteurs et des activités (Vinck 2006).

Objets d'investissements importants (en temps, argent, négociation et préoccupation), les projets dépendent des détails et de la bonne tenue des objets intermédiaires.

Le Tableau 10, présente quelques objets rencontrés lors des observations préliminaires. L'examen détaillé de ces objets montre qu'ils ne sont pas homogènes. Plus précisément, nous avons d'une part des objets (maquette par exemple) et d'autre part des textes. Parmi ces textes, il y a des éléments relatifs directement aux solutions recherchées dans le projet (ex : cahier des charges) et d'autres qui cadrent le projet (ex : contrats). Certains objets sont produits par un acteur (il a conçu l'OIC). Pour d'autres, ce sont des textes déjà élaborés (ex : norme) qu'un acteur a trouvés et qu'il fait partager aux autres acteurs. Cet échange de documents ayant un impact fort sur la collaboration entre les acteurs dépasse la conception d'une solution technique pour englober des aspects organisationnels, de fonctionnement et financiers. Ainsi, certains objets cités dans le Tableau 10 ne sont pas vraiment des objets intermédiaires de conception mais sont des objets clefs dans le transfert. On peut parler alors d'OIT (Objets Intermédiaires de Transfert). Par la suite, nous donnons une définition de ce concept.

Objets
Dessins
Maquettes (carton, pâtes à modeler, ...)
Prototypes
Pièces cassées
Listings
Copies écran
Plaquettes
Contrats
Manuels
Fiches techniques
Fiches postes
Cahiers des charges
Normes

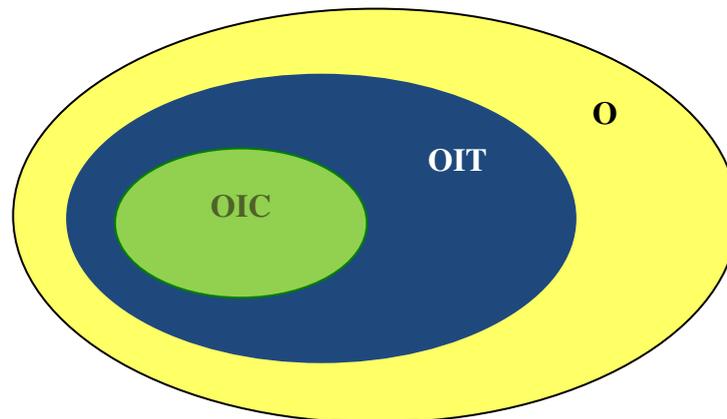
**Tableau 10. Liste des objets intermédiaires**

### **3.3.2.1. Définition d'un OIT**

La caractérisation des objets et leur suivi peuvent témoigner du processus de transfert et mettre en évidence des invariants entre processus. Les objets ont un rôle dans la communication qui est aussi important que les échanges oraux (Jeantet et al. 1995). Les OIC ont démontré leur pertinence pour accéder à la dynamique du processus de conception nous citons en particulier les travaux du LCPI à l'ENSAM (Stoeltzlen 2004), et du laboratoire G-SCOP (Tichkiewitch and Brissaud 2000) dans ce domaine.

Dans ce travail, un Objet Intermédiaire de Conception (OIC) est défini comme un objet qui est utilisé pour concrétiser un échange lié au processus de conception. Un OIC peut être un dessin, une maquette, un prototype, un produit cassé, une liste, une capture d'écran... Plus précisément, nous proposons un nouveau concept décliné du précédent : l'OIT. Un Objet Intermédiaire de Transfert (OIT) est défini comme un objet créé pour concrétiser la connaissance et, par conséquent, il facilite l'acquisition, la création en groupe et la collaboration des différents intervenants du projet. L'OIT est le résultat d'une tâche spécifique dans le projet, mais n'est pas nécessairement lié au processus de conception du produit. Ainsi, les OIC font partie des OIT (voir Figure 9). Un OIT peut être potentiellement mis à jour pendant le processus de transfert de technologie. L'analyse des Objets Intermédiaires de

Transfert (OIT) permet de suivre le processus de transfert de technologies et l'organisation du travail.



O : Objet, OIT : Objet Intermédiaire de Transfert, OIC : Objet Intermédiaire de Conception

**Figure 9. Relation entre OIT et OIC (source : notre recherche)**

### ***3.3.2.2. Les catégories d'OIT***

L'analyse des OIT a pour objectif d'établir une relation entre l'apparition des OIT et l'avancement du projet. Cette analyse n'est pas simple. En effet, un OI condense provisoirement et partiellement une multiplicité de processus (Vinck and Laureillard 1996) :

- Représentation rétrospective : les OI sont les porte-paroles de ceux qui ont produit.
- Représentation prospective : les OI sont les porte-paroles d'un objet ou un objectif qui commence seulement à émerger.
- La commission : les OI transmettent les intentions de leurs auteurs. Les choix économiques, choix techniques...
- Médiation : les OI trahissent et transforment les intentions de leurs auteurs en se soumettant à la réalité qui peut imposer des limites et des contraintes que l'émetteur de l'idée n'a pas initialement prévues.
- Prescription : les OI ont tendance à imposer des choix et des décisions sur leurs utilisateurs.
- La facilitation des interactions, des confrontations et des interprétations. Ils permettent des compromis.

Dans notre recherche, le nombre d'objets intermédiaires de transfert par catégorie est comptabilisé. La quantité des objets permet d'apprécier les thèmes de préoccupation des parties prenantes et de relier ces derniers aux résultats finaux de chaque projet. La nature des

informations contenues dans les objets intermédiaires de transfert peut laisser supposer les intentions qui ont accompagné leur naissance et l'augmentation des connaissances spécifiques dédiées au projet. Le Tableau 11 donne la description des 10 catégories d'OIT. Ces catégories ont été formées en se basant sur la nature du support de l'objet (2D, 3D) et sa fonction. En effet, nous avons constaté que les objets 3D ont une influence plus grande sur la dynamique de l'échange.

Nom de la catégorie	Description
Plans / Nomenclatures	Cette catégorie regroupe les objets en 2D qui visent à formaliser la connaissance sous une forme schématique. Cette catégorie rassemble les plans de définition : Plans d'outillages, de pièces, d'assemblages...et les nomenclatures.
Proposition technique / Contrat	Cette catégorie regroupe les objets sous forme de texte et qui ont pour objet de proposer une contractualisation du travail à effectuer. Cette catégorie rassemble les devis technico-commerciaux qui comportent à la fois des éléments techniques et scientifiques et qui peuvent aborder également l'aspect économique et légal et les contrats. Notons qu'un devis signé fait office de contrat.
Croquis	Cette catégorie regroupe les objets en 2D réalisés pour communiquer et développer la connaissance. Cette catégorie rassemble les esquisses à main levée pour concrétiser une idée ou partager une solution.
Planning	Cette catégorie regroupe les objets visant à contrôler l'organisation du projet. Cette catégorie rassemble les supports (informatique ou papier) détaillant la chronologie du projet et la répartition des tâches entre les différents acteurs.
Documents de définition et/ou de synthèse	Cette catégorie regroupe les objets sous forme de texte ou de diagramme qui ont pour objet de synthétiser la connaissance. Cette catégorie rassemble les modes opératoires, listes des essais à réaliser, comptes rendus de réunions, rapports des résultats, présentations de vidéo-projection...
Relevé de mesures	Cette catégorie regroupe les objets intermédiaires qui résultent d'une opération de mesure. Elle rassemble les relevés de mesures, les procès verbaux de contrôle de pièces.
Photos	Cette catégorie regroupe les objets intermédiaires d'analyse visuelle qui sont principalement des photos : de pièces, de joints brasés, de coupes réalisées sur le MEB (Microscope à Balayage Electronique), de montage...
Documents de travail	Cette catégorie regroupe les objets intermédiaires qui permettent de mener à bien le travail au niveau opérationnel par exemple : plaquette commerciale, mode opératoire, création de normes.
Pièces	Cette catégorie regroupe les objets intermédiaires 3D. Cette catégorie comporte principalement des pièces d'essais, prototypes, pièces cassées, pièces à analyser...
Documents de confidentialité / Propriété intellectuelle	Cette catégorie regroupe les objets intermédiaires qui traitent de la protection et du partage de la propriété intellectuelle. Elle comporte par exemple les Accords de non divulgation (NDA).

**Tableau 11. Les catégories d'OIT**

En synthèse, nous venons de détailler les familles de « sujets » observés à savoir les éléments « immatériels » et les familles des OIT observés à savoir les éléments « matériels ». Ces éléments sont les « observables » de notre approche. Ils font ensuite l'objet d'un traitement que nous présentons dans la partie expérimentale (Chapitre 5 paragraphe 5.1).

Le choix de ces observables a été effectué parmi plusieurs observables (envisagés lors de notre recherche), par exemple les conflits, le climat de confiance. Certains n'ont pas été retenus du fait, entre autres : de la nécessité de limiter le nombre d'observations dans les entreprises (afin de rendre le captage des données réaliste et de ne pas surcharger le travail de traitement), et de s'accorder avec notre domaine de compétence (l'ingénierie). Comme nous l'avons précisé dans le Chapitre 1 (paragraphe 1.4 Design de la recherche), cette recherche

relève du constructivisme. En effet, au fur et à mesure des observations, nos objectifs ont évolué.

## **3.4. Proposition d'une modélisation conceptuelle pour le projet de Transfert de Technologie**

### **3.4.1. Vision systémique du projet de Transfert de Technologie**

Dans notre revue de la littérature, nous avons identifié trois courants de modélisation. Le premier s'intéresse à la composition du TT en termes d'acteurs impliqués et interrelations entre ces derniers (réseaux) dans le TT. Cependant, les modèles que nous avons identifiés ne considèrent pas, pour la plupart, le TT comme une construction de savoirs qui permet la création d'une dynamique de compétences. Pour remédier à cette lacune, nous avons mené une réflexion sur le réseau d'acteurs qui est mis en œuvre dans le cadre des projets étudiés d'un point de vue systémique. Nous proposons donc dans ce paragraphe, un modèle qui intègre la notion de construction grâce au concept de l'entreprise virtuelle. Ce modèle ouvre également la possibilité de passer de modèles symboliques à des systèmes d'information pour le TT. Il permet, non seulement, de représenter la définition du processus de TT comme dynamique de compétence mais en plus de faire la cartographie des acteurs clefs impliqués dans le cadre de notre étude pour mieux définir le rôle de chaque partie prenante.

Dans notre étude, il y a deux acteurs principaux : le centre de transfert et l'entreprise concernée par le TT. Cette dernière a besoin d'une solution à un problème donné ou d'anticiper pour faire face à des signaux de son environnement. Elle compte atteindre son objectif à travers le projet de TT. Nous appelons cette entreprise «entreprise partenaire». En réalité, il peut y avoir de nombreuses entreprises partenaires dans un projet de TT. Le reste des acteurs sont l'«environnement», le ou les «clients», les organismes de financement public (que nous appelons le «pouvoir public»), les «entreprises sous-traitantes», qui accomplissent des tâches spécifiques pour le compte de l'«entreprise partenaire» ou la «structure experte» (centre de transfert) et l'université qui participe au projet à travers le centre de transfert qui a des liens très étroits avec cette dernière.

Une grande complexité naît de l'hétérogénéité des acteurs du projet de transfert. En effet, les acteurs, en dépit de leur travail collectif gardent toujours une indépendance opérationnelle et de gestion et ils continuent leurs activités habituelles au jour le jour. Ainsi, nous proposons de modéliser le projet de transfert comme une entreprise virtuelle. Cette entreprise est une organisation virtuelle créée spécifiquement pour le développement du projet. Elle est un système de systèmes où chaque acteur est un système à part entière. Ces acteurs se regroupent pour fonctionner ensemble en donnant naissance à un acteur virtuel qui donne corps au projet de transfert. La Figure 10 résume par une vue globale les différents acteurs, leurs relations et les messages qu'ils échangent pour exercer leurs activités dans le cadre du projet de transfert.

L'«entreprise virtuelle» est un acteur créé spécifiquement pour développer le projet TT de brasage. Il disparaît à la fin du processus de TT, lorsque les acteurs ont standardisé les solutions retenues. A l'intérieur de cet acteur (entreprise virtuelle), le processus de transfert de technologie prend vie grâce à la mise en place d'une dynamique de compétences. L'«entreprise virtuelle» reçoit des connaissances métier ainsi que des compétences techniques et contextuelles de l'«entreprise partenaire» et de la «structure experte». Elle peut également recevoir des financements des « pouvoirs publics ».

L'« entreprise partenaire » représente l'entreprise réelle qui doit faire face aux signaux et besoins de son environnement. C'est l'acteur qui bénéficie de la solution obtenue. Cet acteur capte les besoins et signaux de l'environnement pour les formaliser en un problème, la plupart du temps technique, qu'elle va soumettre à la « structure experte ». A l'intérieur du système « entreprise partenaire » se trouve le processus où la solution finale sera mise en œuvre.

La « structure experte » a la capacité de développer et implanter le procédé de brasage adapté au problème soulevé par l'« entreprise partenaire ». Son rôle est d'étudier la solution adéquate au problème de l'« entreprise partenaire ». L'équipe de transfert de technologie a accès aux ressources de l'« université », mais elle est indépendante dans sa gestion des affaires.

L'« environnement » est un acteur virtuel externe au système. Il donne les signaux et les besoins qui sont interprétés par l'« entreprise partenaire ». Ces signaux sont souvent déclencheurs du projet de transfert. L'« environnement » est un système de systèmes. Il comporte une multitude d'acteurs (non représentés dans la Figure 10) tels que l'ensemble des clients, le marché, la concurrence ou encore l'environnement intérieur de l'« entreprise partenaire »...

Le « pouvoir public » a pour rôle de promouvoir le transfert de technologie par l'intermédiaire de fonds pour le projet. Un support financier individuel à la « structure experte » et à l'« entreprise partenaire » est possible.

L'« entreprise sous-traitante » est liée à l'« entreprise partenaire » ou à la « structure experte » afin d'effectuer des tâches spécifiques dans le projet, comme, par exemple, un traitement de surface spécifique pour améliorer la brasabilité d'une pièce métallique. Ce type d'interactions est nécessaire quand ni l'« entreprise partenaire » ni le « centre de transfert » ne sont capables d'accomplir, avec la technologie et les équipements dont ils disposent, certaines tâches. L'« entreprise sous-traitante » ne fait pas partie de l'« entreprise virtuelle ». En effet, l'« entreprise sous-traitante » peut effectuer sa ou ses tâches en ignorant l'existence même du projet de transfert. Il peut y avoir une multitude d'« entreprises sous-traitantes » propres à l'« entreprise partenaire » et à la « structure experte ».

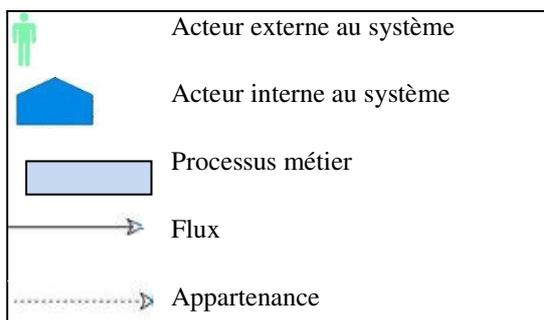
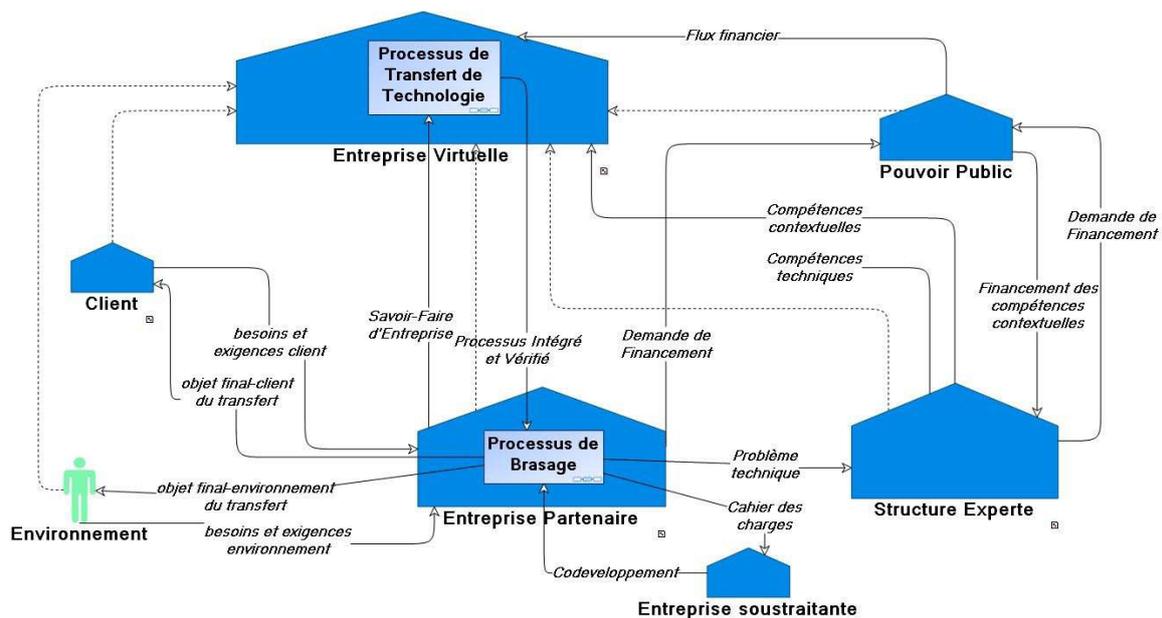


Figure 10. Vue générale du projet de TT de brasage en introduisant l'acteur « entreprise virtuelle »

On rappellera que ce modèle systémique a pour principal intérêt de visualiser des flux entre des acteurs et que, de ce fait, il peut contribuer à des travaux d'informatisation pour la représentation des tâches et des flux de diverses natures qui régissent le TT.

### 3.4.2. Intérêt et présentation d'une modélisation avec une vision processus

Un des constats remarquables de notre revue de la littérature est que les modèles qui s'intéressent à la description du TT au niveau projet (courant N° 3 conformément au paragraphe 2.2.2) n'ont pas été testés sur des données terrain. Ils ont été, pour la plupart, élaborés grâce à des études a posteriori. De plus, ces modèles ne prennent pas en compte l'axe du temps. Sur la base des modèles de TT trouvés dans la littérature, nous proposons une modélisation du projet de TT entre un centre de TT et une PME du point de vue de la PME au niveau micro. Ce modèle a pour vocation de nous permettre, par son application sur nos projets, de comparer la combinaison et les durées des phases pour chaque projet et d'extraire des invariants et des sources de variabilité en liant le modèle au contexte de chaque projet. Les modèles de la littérature s'accordent sur l'existence de quatre phases dans un projet de TT. Cependant, il n'existe pas de vrai consensus sur la nomination et le contenu de chaque phase. Dans ce travail, nous proposons d'ajouter une cinquième phase «Contact / Niveau de confiance». En fait, de nombreux auteurs (Carr 1992; Malik 2002; Erlich and Gutterman 2003; Kumar and Uruthirapathy 2007) mentionnent l'importance du contact et de la construction d'une relation de confiance au départ du projet, mais, à ce jour, aucun auteur ne

les a formalisés en phase. Dans le modèle que nous proposons, le projet n+1 est relié au projet n (voir Figure 11) grâce à la phase « Contact / Niveau de confiance » qui constitue la mémoire de la collaboration entre les partenaires.

Le bon déroulement de cette dernière est dominé par des facteurs de succès appartenant à la catégorie « Humain » détaillé dans le paragraphe 2.2.5 du Chapitre 2. En effet, la bonne entente, dans cette phase, entre les partenaires que nous avons identifiés grâce au modèle basé sur une vue systémique (développé dans le paragraphe 3.4.1) détermine le « go ou no go » du projet. En effet, sur le terrain, nous avons constaté que les acteurs ont besoin de se connaître et de jauger la compétence des uns et des autres avant de collaborer ensemble. Par exemple, une des entreprises partenaires a exigé un devis technique très détaillé avant de collaborer avec le centre de transfert et lors de la collaboration suivante, elle s'est contentée d'un devis classique et de discussions sur la problématique pour décider de retravailler à nouveau avec le centre de transfert. Les tâches et échanges relatifs à la phase « Contact / Niveau de confiance » du projet précédent s'étant bien déroulés tout au long de la collaboration, cette même phase a été largement simplifiée pour la seconde collaboration.

Les quatre autres phases sont dominées par l'importance de l'aspect technique. La phase II, « prospection », se caractérise par l'accent mis sur les analyses préliminaires, la recherche et la sélection des technologies appropriées. La phase III, « Développement », consiste en travaux R&D menés pour l'amélioration, l'élaboration et l'adaptation de la technologie choisie dans la phase II. Au cours de la phase IV, « Essais », la technologie développée est testée. La phase V « Adoption » correspond au développement final et la modification de la technologie pour répondre aux conditions d'utilisation. En réalité, les quatre dernières phases du modèle sont dynamiques. Leurs champs d'application et la durée peuvent varier selon la nature du projet. Les quatre dernières étapes peuvent être menées en parallèle, et les activités au sein de chaque étape peuvent se chevaucher. Dans certains cas, il est nécessaire de revenir à la phase « Prospection » pour investiguer un nouvel espace de solutions techniques possibles après avoir accepté, développé et testé une précédente orientation technologique. Les différentes phases du modèle « Contact / Niveau de confiance », « prospection », « Développement », « Essais », et « Adoption » peuvent être répétées plusieurs fois avant que la technologie soit alors appropriée et mise en œuvre par la PME.

Le modèle proposé a principalement deux fonctions : permettre une meilleure compréhension des phénomènes observés (par un rôle descriptif et explicatif) et améliorer l'efficacité d'une action sur le système observé grâce à une meilleure visibilité du déroulement du processus. En effet, la modélisation permet d'identifier les variables influentes. Ce modèle est inspiré des modèles de TT trouvés dans la littérature. Ces modèles s'accordent sur l'existence de quatre phases dans un projet de TT.

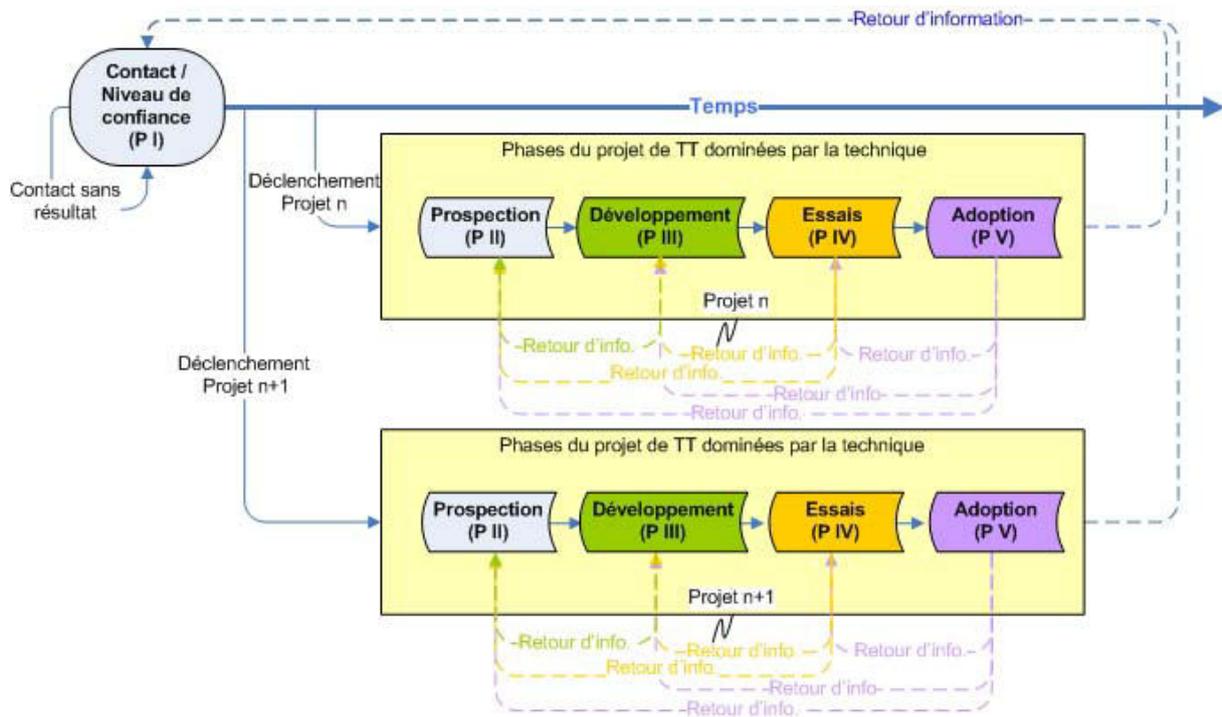


Figure 11. Modèle du projet de transfert de technologie

### 3.5. Conclusions du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons présenté une reformulation de la problématique de recherche à la lumière de notre étude de la littérature. Nous avons présenté également nos principales contributions méthodologiques et de modélisation. Nous avons détaillé, dans un premier temps, notre méthodologie d'observation qui est basée sur deux dimensions : l'étude des flux immatériels et des objets matériels. Dans un deuxième temps, nous avons proposé deux modélisations du TT, une avec une vision systémique et une avec une vision processus du problème de TT. Ces deux modélisations sont complémentaires. La première a servi à cartographier les acteurs et les interrelations entre les parties prenantes en prenant en compte la définition adoptée du TT. Cette définition met l'accent sur la dynamique de compétences. La deuxième s'intéresse au TT au niveau processus. Elle a pour but de nous permettre la comparaison de la combinaison des phases des cinq projets étudiés et d'identifier des invariants dans le processus de transfert. Ce dernier modèle est exploité dans la partie analyse développée dans le Chapitre 5 paragraphe 5.2.

## Chapitre 4. Cadre de l'expérimentation

« Expérimenter, c'est imaginer »

**Friedrich Nietzsche**

### **But du chapitre**

Dans ce chapitre, nous exposons les objectifs de l'expérimentation et son organisation. Ce faisant, nous précisons le travail préliminaire qui a précédé l'expérimentation. Ce travail a comporté une partie recherche bibliographique sur les technologies d'assemblage et, plus particulièrement, le brasage métallique et une partie exploratoire pour constituer l'échantillon d'entreprises étudié. Le but premier de ce chapitre est de détailler le protocole expérimental en vue des questions posées, de la nature du processus étudié et du temps imparti. Les outils proposés et la nature des données récoltées sont également présentés.

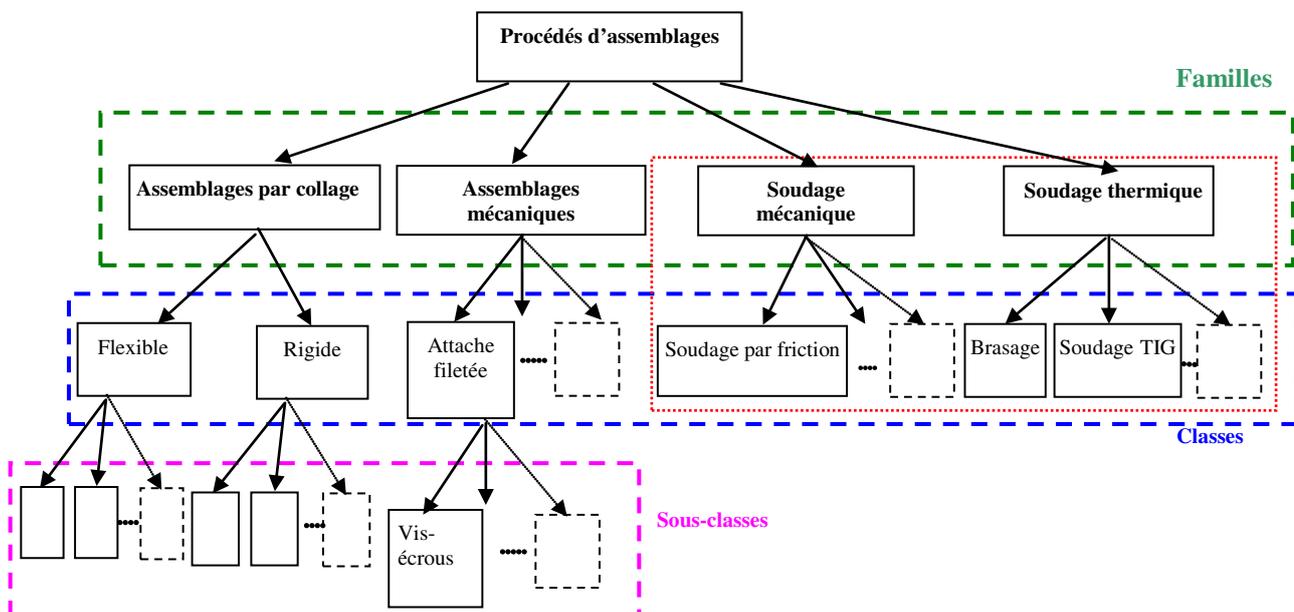
## 4.1. Étude bibliographique élémentaire sur la technologie de brasage

Cette étude bibliographique a pour premier but d'acquérir le vocabulaire technique et les connaissances élémentaires. Ces deux derniers sont essentiels pour observer les opérations de transfert. Ils permettent de prendre conscience des enjeux techniques et économiques d'un procédé d'assemblage et plus particulièrement du brasage. Notre objectif n'a pas été de devenir expert en brasage mais d'être qualifié pour mener à bien l'expérimentation.

Notons que complémentirement à cette étude bibliographique technique, un important travail de ciblage des entreprises lorraines potentiellement candidates à une substitution technologique par le brasage a été effectué (voir annexe). Il a permis de préparer le choix du panel expérimental mais a plus largement contribué à cadrer les activités du pôle industriel MATBRAZ. Ces résultats n'apportant pas directement à la démonstration, ils sont portés en annexe.

### 4.1.1 Critères de décision dans une substitution technologique : cas d'un assemblage métallique

(Esawi and Ashby 2004) présentent une classification en famille des procédés d'assemblage (voir Figure 12). Dans cette classification, les procédés d'assemblages sont répartis en quatre familles : « assemblages par collages », « assemblages mécaniques », « soudage mécanique » et « soudage thermique ». Chaque famille comporte différentes classes, par exemple « Attache filetée » est une classe de la famille des « assemblages mécaniques », le « brasage » est une classe de la famille « soudage thermique ». Chaque classe comporte des sous-classes, par exemple « Vis écrous » est un procédé qui constitue une sous-classe de la classe « attache filetée » qui, elle-même, appartient à la famille « assemblages mécaniques ». Il est utile de signaler que la classification présentée par la Figure 12 n'est pas exhaustive pour les classes et sous-classes de chaque famille.



**Figure 12. Classement des procédés d'assemblage ((Esawi and Ashby 2004) adaptée)**

Nous avons limité volontairement les procédés d'assemblage étudiés à 16 procédés. En effet, nous avons fait le choix de ne pas aborder la famille des adhésifs (assemblage par collage). Ce choix est motivé par deux raisons : la première est qu'à ce jour le centre de transfert associé à ce travail ne s'est pas intéressé aux applications reliées à ce procédé. La deuxième est le résultat d'une étude commandée par les bailleurs de fond du projet MATBRAZ [Decilor, 12/12/2006]. Cette étude avait pour objectif l'analyse des brevets relatifs au brasage sur les dix dernières années. Cette étude a fait ressortir que le brasage des échangeurs de chaleur et leurs sous-ensembles semblent être des axes d'innovation à fort potentiel et que trois types de fabrication associés au brasage émergent : les structures en nid d'abeille, les tubes et l'outillage. Ainsi, nous avons privilégié l'étude de procédé d'assemblage potentiellement concurrent au brasage sur les applications identifiées comme innovantes par l'étude [Decilor, 12/12/2006]. La confrontation de ces choix avec les procédés d'assemblage identifiés dans la littérature nous a permis de sélectionner 16 procédés d'assemblage que nous listons dans le Tableau 12.

Nous avons travaillé avec le logiciel CES (CES 1999). Ce logiciel à vocation éducative est largement reconnu par les chercheurs dans le domaine des matériaux. Il offre une base de données importante des procédés d'assemblage. Il est le résultat des travaux d'Ashby et de son équipe dans le domaine des matériaux. Nous avons procédé également à des recherches bibliographiques complémentaires pour compléter la description des différents procédés d'assemblage sélectionnés (Schwartz and Aircraft 1993; LeBacq et al. 2002; Esawi and Ashby 2003; Esawi and Ashby 2004). En se basant sur les résultats de cette recherche bibliographique et sur les critères de décisions de l'expert en brasage associé à cette étude, nous avons identifié six critères de comparaison (attributs) à prendre en considération lors d'une substitution technologique par le brasage. Ces attributs sont détaillés dans la suite.

Famille	Classe	Sous-classe	Secteur d'activité	Applications où il y a possible concurrence avec le brasage
Fixation mécanique	Rivet et agrafe	Rivet	Industrie : aéronautique, textile, automobile, de transport	Liaison plan sur plan
	Attache filetée	Vis écrou	Industrie : automobile, aéronautique, de l'électroménager	Liaison plan sur plan
Soudage mécanique	Soudure par explosion		Industrie chimique	Les tôles plaquées
	Soudure par friction		Industrie : automobile, agricole, mécanique	Les produits tubulaires
	Soudure ultrasonique		Industrie : électrique et électronique, d'emballage, nucléaire, aéronautique	Application en micro - électronique
Soudure thermique		Soudage par diffusion	Industrie : aéronautique, chimique	Les échangeurs de chaleurs, les tôles plaquées
		Soudage par glaçure	Industrie : aéronautique, chimique	Les échangeurs de chaleurs
		Soudage sous protection de gaz inerte (TiG)	Industrie : Aérospatiale, nucléaire, automobile, énergie, d'équipements électrique et domestique	Soudages de tubes, échangeurs de chaleur
		Soudage à l'arc sous protection de gaz inerte ou non actif (MiG)	Industrie : navale, de mécanique structurale, automobile	
		Soudage par point	Industrie : automobile, de l'électroménager, aéronautique, électronique	Application de grande surface type moletage
		Soudage par faisceau d'électrons	Industrie électronique, industrie auto-motive.	Assemblages hétérogènes
		Soudage par faisceau laser	Industrie : électronique, de l'horlogerie, automobile, aéronautique, aérospatiale, d'emballage (alimentaire), biomédicale.	Assemblages hétérogènes
		Soudage oxyacétylénique	utilisé pour la fabrication et la réparation d'une gamme étendue de métaux	Concurrence le brasage à la flamme
		Soudage manuel à l'arc avec électrode fusible (MMA)	Chaudronnerie	Tuyauterie Construction métallique, charpente, chaudronnerie
	Brasage	Brasage (tendre)	Joaillerie ; Industrie : automobile, électronique	
		Brasage (fort)	Plomberie, Industrie mécanique, Machinerie	

Tableau 12. Procédés d'assemblage sélectionnés pour l'étude (Source : notre recherche)

- Attribut géométrique

Cet attribut caractérise le degré de liberté (ou de flexibilité) dans la conception géométrique des assemblages. Il existe cinq configurations géométriques d'assemblage. Les plus connus sont : le recouvrement, l'emmanchement, le bout à bout et la jonction en T. Ainsi, la liberté en conception augmente si le nombre de configurations géométriques augmente. Par exemple, pour un procédé d'assemblage donné, nous pouvons avoir les cinq configurations géométriques, alors il est dit « à grande liberté de conception ». Si une seule configuration est possible, alors il est dit « à très faible liberté de conception » conformément au Tableau 13. Une note est attribuée à chaque procédé. Plus le nombre de configurations géométriques possibles est grand plus la note est importante. Par exemple, la qualification « grande liberté dans la conception géométrique » a une note de cinq sur cinq.

<b>Symbole</b>					
<b>Nombre de configurations</b>	Une configuration possible sur cinq	Deux configurations possibles sur cinq	Trois configurations possibles sur cinq	Quatre configurations possibles sur cinq	Cinq configurations possibles sur cinq
<b>Qualification</b>	Très peu de liberté dans la conception géométrique	Peu de liberté dans la conception géométrique	Assez bonne liberté dans la conception géométrique	Bonne liberté dans la conception géométrique	Grande liberté dans la conception géométrique
<b>Note</b>	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5

**Tableau 13. Caractérisation de l'attribut géométrique**

- **Attribut économique**

Pour notre étude, cet attribut est constitué par trois composants : Frais financiers (équipements) qui caractérise l'importance de l'investissement, Coût outillage ou coût des consommables, Coût de main d'œuvre. Chacun de ces composants est exprimé en Euros (€). L'ensemble évalue d'une manière qualitative chaque procédé d'assemblage conformément au Tableau 14. Une note est attribuée à chaque qualification. Plus le coût est faible, plus la note est importante. Par exemple, la qualification « Coût très élevé » a une note de un sur quatre.

<b>Symbole</b>	€	€€	€€€	€€€€
<b>Qualification</b>	Coût faible	Coût moyen	Coût élevé	Coût très élevé
<b>Note</b>	4/4	3/4	2/4	1/4

**Tableau 14. Caractérisation de l'attribut économique**

- **Attribut de procédé**

Cet attribut est composé de deux paramètres : Épaisseur de la section (mm), Tolérances de finition (mm). Le premier représente l'épaisseur de la section nécessaire pour

réaliser l'assemblage et le deuxième, la tolérance de finition. Ces deux paramètres sont caractérisés d'une manière quantitative.

- **Attribut de fonctionnalité**

Cet attribut est composé par le paramètre de « Démontabilité ». Il caractérise la capacité d'un procédé d'assemblage à être démontable sans dégradation des pièces assemblées. Une note de « 1 » est attribuée au process d'assemblage s'il est démontable. Une note de « 0 » est attribuée s'il ne l'est pas.

<b>Symbole</b>	☺	X
<b>Qualification</b>	Démontable	Non démontable
<b>Note</b>	1	0

Tableau 15. Caractérisation de l'attribut de fonctionnalité

- **Attribut de sécurité**

Cet attribut caractérise le niveau de sécurité pour l'opérateur d'un procédé d'assemblage (Tableau 16). Une note est attribuée à chaque niveau de sécurité. Plus le procédé est sûr (« Non dangereux »), plus la note est importante. Par exemple, le niveau de sécurité « Dangereux » correspond à la note de un sur quatre.

<b>Symbole</b>				
<b>Qualification</b>	Non dangereux	Nécessité d'équipements	Nécessité d'équipements, dangereux en cas d'absence de ces derniers	Dangereux
<b>Note</b>	4/4	3/4	2/4	1/4

Tableau 16. Caractérisation de l'attribut de sécurité

- **Type de matériaux à assembler**

Cet attribut dénombre les matériaux qui peuvent être assemblés par un procédé donné d'assemblage. Nous avons retenu six familles de matériaux : les métaux, les polymères, les composites, le verre, les céramiques et les matériaux naturels. Une note est attribuée à chaque procédé d'assemblage correspondant au nombre de familles de matériaux pouvant être assemblées. Par exemple, un procédé qui peut assembler trois familles de matériaux aura une note de 3 sur 6. Un procédé qui assemble six types de matériaux aura une note de 6 sur 6.

#### 4.1.2 Définition du procédé de brasage

Le brasage est un procédé d'assemblage thermique. Il consiste à utiliser la chaleur pour assembler deux ou plusieurs pièces en faisant fondre un métal d'apport. Ce métal

d'apport doit posséder un point de fusion inférieur au solidus (la température de solidus est la température à laquelle le métal passe de l'état solide à l'état liquide (Schwartz 2003)) des métaux ou alliages assemblés. Les pièces de base sont imprégnées du métal d'apport qui, liquéfié par la chaleur, se répand et crée l'assemblage. La réunion des pièces est faite par la mise en solution d'une partie du solide dans la phase liquide. Les éléments à assembler ne participent pas par fusion à la constitution du joint.

La majeure partie des assemblages brasés est réalisée par capillarité (Levy 1981). La largeur optimale du jeu du brasage par capillarité se situe entre 0,05 mm et 0,2 mm. Il existe également le brasage par recouvrement. La Figure 13 illustre ces deux principes de brasage.

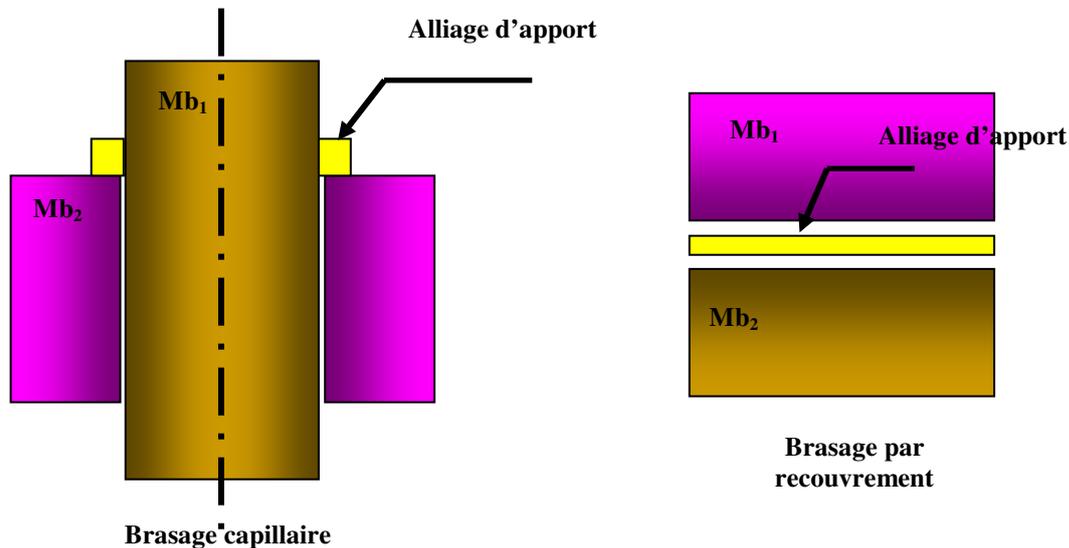


Figure 13. Illustration du brasage par capillarité et par recouvrement

#### 4.1.3 Le brasage, un procédé ancien... en très forte évolution

Le procédé de brasage n'est pas une invention moderne. Des preuves archéologiques ont mis en évidence qu'il a été pratiqué sans interruption depuis l'antiquité. Par exemple, le brasage de l'or et de l'argent en utilisant des clinquants de cuivre a été pratiqué au moins 3000 ans avant Jésus Christ. « Le brasage est documenté comme un procédé clairement reconnaissable depuis le 4<sup>ème</sup> siècle après Jésus Christ » (Jacobson and Humpston 2005). (Jacobson and Humpston 2005) retracent brièvement l'histoire du brasage jusqu'à nos jours en donnant des références bibliographiques qui attestent de son antiquité.

Bien que le procédé de brasage soit un procédé très ancien, il suscite encore l'intérêt des chercheurs. En effet, des travaux tel que (Shabtay et al. 2004; Vamadevan and Kraft 2007; Yoon et al. 2007) s'intéressent à développer de nouveaux procédés de brasage, à améliorer l'existant pour gagner en efficacité, ou simplement, à mieux mesurer les effets de l'opération de brasage sur les performances du produit. Nous trouvons également dans la littérature d'autres types de travaux qui s'intéressent à améliorer les performances d'un produit grâce, en partie, à l'utilisation du brasage. Nous pouvons citer l'exemple de (Murray et al. 1997) qui illustre le rôle du procédé de brasage au four pour des échangeurs de chaleur avec un pouvoir de transfert qui atteint un mégawatt.

#### 4.1.4 Description du procédé de brasage et de ses caractéristiques

Il existe deux types de brasage : le brasage fort et le brasage tendre. La principale distinction est que le premier est réalisé avec un métal d'apport ayant un solidus supérieur à 450°C alors que le deuxième (appelé à tort soudure à l'étain) est réalisé avec un métal d'apport ayant un solidus inférieur à 450°C. Cependant, les principes fondamentaux restent similaires pour ces deux procédés bien que le design du joint, le matériel à joindre, le métal d'apport et les moyens de chauffe peuvent varier largement (Schwartz and Aircraft 1993). Ces deux procédés font appel à un nombre important de savoirs scientifiques pour produire des joints satisfaisants en qualité et en fiabilité. Dans la suite, nous entendons par brasage le brasage fort. En effet, c'est ce type d'opération qui fait l'objet de notre étude.

Le brasage fort est souvent conduit entre 540°C et 1620°C. Il est considéré comme un procédé d'assemblage à haute température. Cependant, la température de travail doit être inférieure à la température de fusion du composant qui a le solidus le plus bas parmi les composants de base à assembler. Le métal d'apport, comme les composants à assembler, doit atteindre au moins la température de travail lors de l'opération de brasage. Cette température est toujours supérieure à la température du liquidus ou y correspond exactement (Levy 1981).

Les phases de travail pour une brasure dans les règles de l'art sont (Brazetec 2002) :

1. **Nettoyage** : les métaux d'apport ne prennent que si les surfaces métalliques sont propres, d'où le besoin de cette opération. En effet, (Peaslee 2003) affirme que les problèmes liés à la propreté des surfaces à assembler affectent la qualité du joint en l'affaiblissant par porosité. Le nettoyage peut être effectué par procédé mécanique ou chimique.
2. **Application du flux (facultatif)** : les flux sont des composés chimiques qui, appliqués sur des surfaces métalliques, favorisent leur brasage (définition extraite de (CILF 1986)). Ils permettent d'éliminer les oxydes sur les surfaces à braser et de maintenir ces dernières exemptes d'oxydes pendant l'opération de brasage. Le flux doit être appliqué sur la pièce froide. La plupart des flux sont légèrement corrosifs et ne doivent pas entrer en contact avec la peau, en particulier en cas de blessures cutanées.
3. **Fixation des pièces** : c'est le moyen de maintien des pièces à assembler lors du brasage dans la bonne position jusqu'à la solidification du métal d'apport.
4. **Réchauffement homogène des points de brasage** : la source de chaleur à utiliser dépend de considérations économiques et des propriétés recherchées pour l'assemblage. Le réchauffement peut s'effectuer par différents moyens : au four, par induction, au chalumeau par faisceau d'électrons...
5. **Application du métal d'apport dans le jeu de brasage** : il existe plusieurs formes (poudre, feuillard, fil,...) et types de métal d'apport.
6. **Refroidissement de la pièce** : cette opération consiste à laisser les pièces à assembler refroidir jusqu'à solidification du métal d'apport. On peut par la suite plonger la pièce dans l'eau si les matériaux assemblés le permettent.
7. **Elimination des résidus de flux** : afin d'éviter la corrosion, il faut éliminer les résidus de flux après le brasage. Cette opération consiste à nettoyer les pièces

assemblées des restes de flux si possible avec de l'eau ou mécaniquement (sablage, avec une brosse...).

Notons que les étapes 4 et 5 sont effectuées simultanément pour certains types de brasage, par exemple le brasage au four.

Pour choisir le bon métal d'apport pour un brasage déterminé, il est nécessaire de prendre en considération les éléments suivants :

- les caractéristiques des matériaux à braser (par ex. sensibilité à la température).
- les exigences posées par l'utilisation de la pièce brasée (par ex. température d'utilisation, pression d'utilisation, résistance à la fatigue...).
- la méthode de brasage qui doit être utilisée (par ex. brasage manuel, brasage automatique).

Le choix des flux dépend des métaux de base et de la température de travail du métal d'apport à utiliser. Chaque flux a sa plage de température effective. La température de travail du métal d'apport à utiliser doit se situer dans la plage de température effective du flux (Levy 1981).

Le procédé de brasage (choix du moyen de chauffe : brasage au four, par induction, au chalumeau par faisceau d'électrons...) à utiliser dépend des considérations économiques, de la sensibilité des composants à la chaleur, de la sollicitation mécanique des points de brasage et de la température de service des pièces finies.

(Schwartz and Aircraft 1993) détaillent les phénomènes (mécaniques, physiques et chimiques) mis en jeu lors de l'opération de brasage. Ils donnent des recommandations pour le choix du métal d'apport, du flux, des procédés de brasage et de la température de brasage en fonction de l'application des métaux à assembler. Ils donnent également des évaluations qualitatives d'une sélection de procédés de brasage.

#### **4.1.5 Quatorze avantages du procédé de brasage**

(Schwartz 2003) affirme que le brasage a plusieurs avantages et plus particulièrement que les joints brasés sont : résistants, uniformes, peuvent être réalisés rapidement, à peu de frais et même simultanément. Certains joints inaccessibles ou avec des parties qui ne peuvent pas être joignables par d'autres méthodes peuvent souvent être joints grâce au brasage. Nous avons identifié dans la littérature quatorze avantages du procédé de brasage que nous pouvons classer en trois familles :

##### **Flexibilité**

- 1) La réalisation d'assemblages complexes et multi-composants.
- 2) Une méthode souple pour assembler des grandes surfaces.
- 3) Possibilité de joindre des matériaux dissemblables : non métalliques et métalliques.
- 4) Possibilité de joindre des matériaux moulés à des matériaux issus de différents procédés de mise en œuvre (frittage, laminage, extrusion,...).

- 5) Possibilité de joindre des métaux dont l'épaisseur varie considérablement.
- 6) Possibilité de joindre des composants métalliques poreux.
- 7) Possibilité de joindre des matériaux composites renforcés par des fibres.
- 8) Possibilité de fabriquer des matériaux de grandes dimensions libres de contraintes résiduelles.

### **Intérêt économique et conditions de travail**

- 9) L'assemblage peut être réalisé à une température proche du solidus le plus bas des métaux de base.

### **Qualité**

- 10) Aptitude à réaliser des assemblages avec des tolérances serrées.
- 11) Technique reproductible et fiable au contrôle.
- 12) Excellente distribution des contraintes mécaniques et de la diffusivité thermique.
- 13) Possibilité de préserver toutes les propriétés du revêtement utilisé.
- 14) Possibilité de préserver des caractéristiques métallurgiques spécifiques aux métaux.

Ces avantages sont énumérés dans (Schwartz and Aircraft 1993).

#### **4.1.6 Limites du brasage**

Un joint brasé n'est pas un corps homogène. Sa structure est hétérogène et composée de différentes phases avec des propriétés physiques et chimiques différentes. Dans le cas le plus simple, il se compose de parties des éléments assemblés et du métal d'apport. Cependant, la dissolution partielle du métal de base, combinée avec les processus de diffusion, peut changer la composition et donc les propriétés chimiques et physiques de la zone qui marque la limite formée à l'interface entre le métal de base et le métal d'apport et souvent du joint entier. Ainsi, en plus des éléments cités dans le cas le plus simple donné auparavant, une zone transitionnelle ou même complètement différente et compliquée doit être considérée (Schwartz 2003). Dans ce joint formé de plusieurs matériaux avec de différentes caractéristiques de résistance à la déformation et de vitesse de déformation, les tensions provoquées par une charge externe ne sont pas réparties uniformément. En résumé, l'hétérogénéité de ce joint rend l'évaluation de sa résistance délicate.

## 4.2. Objectifs de l'expérimentation

L'étude bibliographique, détaillée dans le paragraphe précédent, a permis d'acquérir les connaissances de base sur les technologies d'assemblage et, plus particulièrement, la technologie de brasage métallique. Lors des observations exploratoires, cette mise à niveau s'est avérée nécessaire pour mener à bien la phase d'expérimentation. En effet, les projets observés comportent une dimension technologique importante. Une observation au niveau micro de ces projets nécessite la compréhension des phénomènes métallurgiques pointus.

Le but principal de cette expérimentation est de permettre une meilleure compréhension du processus de transfert de technologie au niveau micro. Le suivi journalier de cinq projets dans cinq entreprises différentes nous a permis d'avoir accès à des données de nature qualitative et quantitative. Ces données ont conduit à :

- une description du processus de TT : l'expérimentation a permis de confronter le modèle à cinq phases proposé dans le Chapitre 3 paragraphe 3.4.2 sur la base de notre revue de la littérature et de discuter son applicabilité et sa pertinence.
- le test et le perfectionnement des outils de récolte de données : les allers-retours entre le traitement des données et l'expérimentation a permis la mise au point des outils de collectes en vue des objectifs finaux de l'étude.
- l'identification des leviers de pilotage : l'expérimentation a permis l'identification des invariants au sein du panel d'entreprises observées grâce au suivi de phénomènes observables auxquels nous avons associé des indicateurs. Le choix des phénomènes observables a été effectué dans le but de valider les facteurs de succès du processus de transfert de technologie.

Dans la suite, nous présentons l'organisation de la partie expérimentale, les outils de collecte, les méthodes de traitement et d'analyse des données.

## 4.3. Organisation de la partie expérimentale

Dans ce paragraphe, nous présentons comment le panel expérimental a été constitué. En effet, une étude élémentaire a été menée en collaboration avec les partenaires de l'action collective MATBRAZ (CM2T et l'IS). Cette étude comporte deux parties. La première avait pour objectif de justifier la pertinence du choix de la technologie de brasage à promouvoir auprès des industriels. La deuxième partie avait pour objectif de cibler les entreprises potentiellement intéressées par le brasage afin d'améliorer l'efficacité des démarches de prospection auprès des industriels.

### 4.3.1. Cinq projets : Comment et pourquoi ?

Afin d'optimiser les actions de transfert de technologie en brasage, un ciblage des partenaires à intégrer dans l'action MATBRAZ a été préconisé par les bailleurs de fonds (DRIRE, le FEDER, la DRRT, le Conseil Général 54, le Conseil Régional de Lorraine et la CUGN). Cette étude préliminaire de ciblage a été effectuée au démarrage de la thèse en deux temps (voir annexes).

Dans un premier temps, il s'agissait d'identifier les procédés substituables par le brasage dans certaines applications conformément au paragraphe 4.1 de ce chapitre. Cette étude a permis de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les facteurs différenciateurs du brasage par rapport à l'ensemble des technologies d'assemblage ?

- Quels critères de choix peuvent conduire une entreprise (dont PME) à opter pour le brasage ?

Dans un deuxième temps, il s'agissait d'identifier les entreprises potentiellement concernées par le brasage comme technologie de substitution sur le territoire lorrain soit quatre départements : Meuse (55), Moselle (57), Meurthe et Moselle (54) et Vosges (88).

Nous nous sommes principalement intéressés à des entreprises de taille moyenne type PME-PMI. Les secteurs visés sont : Aéronautique, Automobile, Chimique, Mécanique, Energie (nucléaire, renouvelable et fossile), Joaillerie et produits de luxe. Ces secteurs ont été définis avec les partenaires du projet et selon les conclusions d'une veille technologique réalisée par l'Institut de Soudure. Cette étude a été commanditée par les bailleurs de fonds (DRIRE, le FEDER, la DRRT, le Conseil Général 54, le Conseil Régional de Lorraine et la CUGN).

Pour identifier les entreprises qui peuvent être intéressées par le brasage, il est nécessaire d'avoir une base de données d'entreprises. Nous avons choisi la base de données d'entreprises KOMPASS<sup>6</sup>. Cette base de données est largement reconnue dans le monde industriel et universitaire. Conformément à la Figure 14, nous avons choisi une double démarche qui consiste à mener une recherche à une échelle très large et une autre à une échelle restreinte. Le but est de converger vers une population d'entreprises pertinente. En effet, nous avons commencé par identifier les codes d'activités définis dans le cadre de la base de données KOMPASS des entreprises qui ont été validées comme clients par le centre de transfert pour le transfert de technologie en brasage. Cet ensemble de départ compte huit entreprises. Six d'entre elles ont fait l'objet d'une étude précédente (Mazet et al. 2009).

---

<sup>6</sup> <http://fr.kompass.com/>

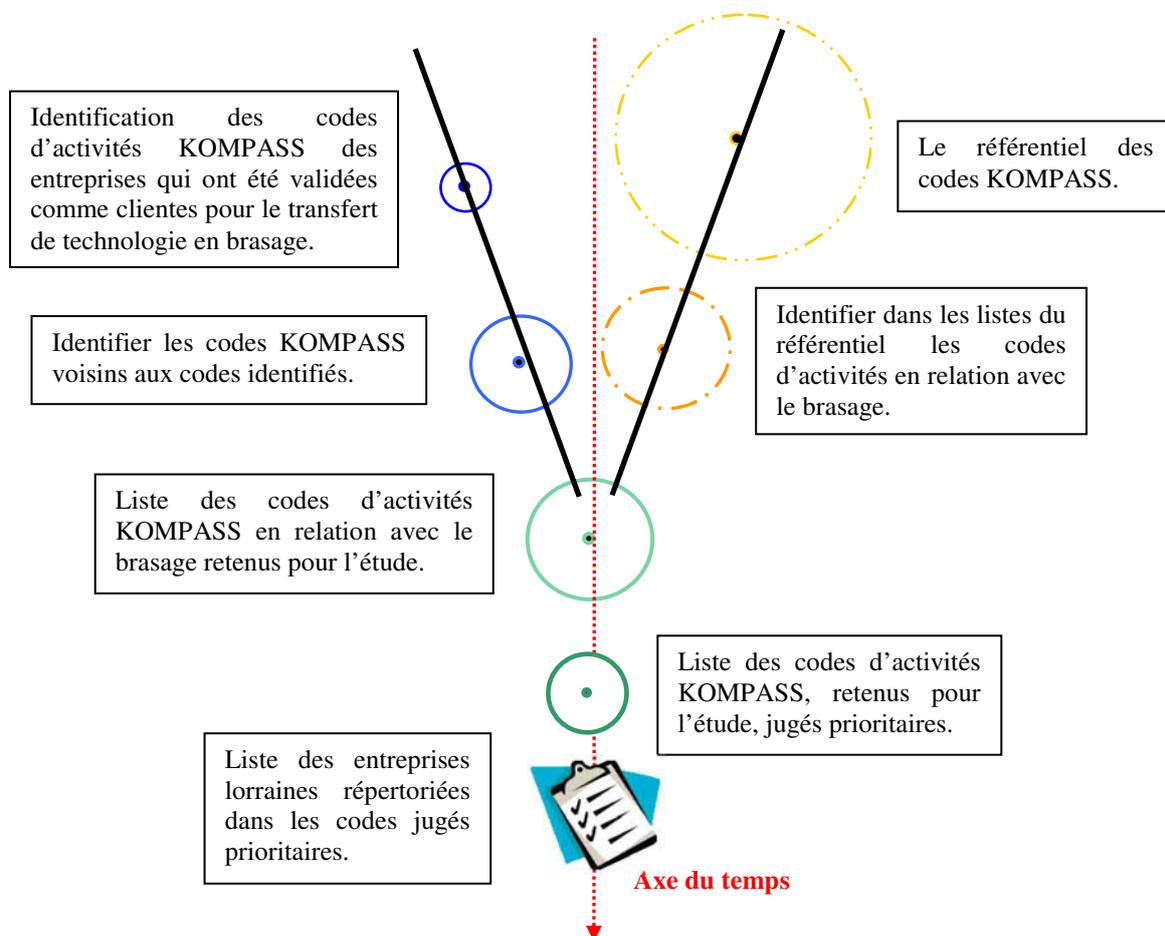


Figure 14. Constitution d'une base de données d'entreprises en Lorraine (Source : notre recherche)

En accord avec l'expert en brasage, nous avons convenu de classer comme prioritaires les codes d'activités de brasage relatifs aux échangeurs et à l'outillage et plus particulièrement au problème d'usure d'outillage. Nous avons obtenu alors 32 codes de première priorité. Ces codes correspondent à 136 entreprises dans la Région Lorraine. Le Tableau 17 résume les étapes de sélection des entreprises.

Axe temps	Entreprises	Nbre d'entreprises
↓	Potentiellement intéressées par le TT dans les applications sélectionnées conformément aux résultats d'une étude réalisée dans le cadre de MATBRAZ (DECILOR/IS 2006) dont les résultats ont été précisés dans le paragraphe 4.1.	136
	Jugées comme prioritaires par le groupe de travail (ces entreprises sont principalement composées par des PME qualifiées par «très intéressante» et «intéressante» par le groupe de travail qui a classifié les entreprises sur une échelle qualitative à cinq modalités de «sans intérêt» à «très intéressante».	46
	Contactées conjointement par ERPI, CM2T et IS	26
	Visitées	18
	Observées au niveau micro sur la durée de 34 mois	5

Tableau 17. Tableau récapitulatif des résultats des étapes de sélection d'entreprises

Ainsi, sur les 18 entreprises visitées, seul un échantillon de cinq entreprises a été retenu pour l'étude. Les projets associés à ces entreprises coïncident avec la période allouée à

l'expérimentation. De plus, la volonté de suivre plusieurs projets en même temps et d'une manière exhaustive avec une longue période d'observation sur le terrain (34 mois) nous a imposés un nombre limité de projets. En effet, la qualité et la durée de l'observation ont été privilégiées.

« Dans le cas de l'innovation technologique, le terme « échantillon » relève plutôt de l'abus de langage. En effet un véritable échantillon est censé être représentatif d'une population. Mais dans le cas présent, la population (...) est le résultat de l'étude, pas le point de départ » (Millier 2002). En effet, l'étude de ces cinq cas a pour vocation de caractériser le processus de transfert de technologie en vue d'une meilleure compréhension et un pilotage éclairé de ce dernier.

#### **4.3.2. Nature des données**

La collecte de données est alimentée par différentes sources : observations, discussions avec les acteurs des projets, analyse de documents, e-mails et courriers. En effet, nous avons choisi une approche qui s'inscrit dans une logique de recherche clinique. Dans cette approche, le chercheur est lui-même un instrument de recherche. Au fur et à mesure de son étude, le chercheur fait des allers-retours entre la collecte des données et l'analyse. Cela conduit à modifier l'orientation de la méthode et, éventuellement, la constitution de l'échantillon étudié. Le but de l'échantillonnage est alors de maximiser la diversité afin de comprendre le processus étudié. La représentation statistique n'est pas recherchée. Le chercheur est alors un témoin des différents échanges entre le centre de transfert de technologie et l'entreprise (mail, documents, courrier et réunion). Notre étude porte sur cinq projets de transfert de technologie avec cinq entreprises différentes. Grâce à cette participation, il est possible d'accéder à une multitude de données qui est refusée à d'autres approches (Karlsson and Ahlstrom 1997). Dans notre observation, nous avons à traiter des données quantitatives et qualitatives.

Pour (Miles and Huberman 2003), la force des données qualitatives est qu'elles se concentrent sur des événements qui surviennent naturellement et des événements ordinaires qui surviennent dans des contextes naturels, afin de pouvoir vraiment saisir ce qui se passe au quotidien dans la vie réelle. Plus précisément, leur intérêt vient en premier lieu de leur ancrage de proximité qui permet d'appréhender la spécificité d'une situation et donc permettent de comprendre la signification que les acteurs ont des événements, des processus et des structures auxquels ils sont confrontés au cours de leurs actions. De plus, les données qualitatives mettent en évidence le lien entre cette signification et le monde qui entoure ces acteurs. Ceci est en ligne avec notre objectif de compréhension des phénomènes en relation avec le processus de transfert et de l'étude des échanges entre les acteurs au niveau micro.

En deuxième lieu, la richesse et le caractère englobant des données qualitatives permet de décrypter la complexité de la situation étudiée et de la rendre vivante grâce à une durée de collecte généralement longue qui permet de comprendre et d'expliquer les processus à l'œuvre dans la situation (dans notre cas, elles varient de 3 à 24 mois). Elles permettent, également, d'identifier les causalités (pourquoi ?) et les mécanismes (comment ?) derrière les événements. Ceci est en ligne avec notre objectif de modélisation et d'identification des invariants.

En troisième lieu, les données qualitatives peuvent faire l'objet d'une multitude d'utilisations, qu'il s'agisse de construire des hypothèses, de les tester ou de valider, compléter ou réinterpréter des données quantitatives. Dans notre cas, nous cherchons à valider la bidirectionnalité des échanges au niveau micro et de valider une partie des facteurs de succès identifiés dans la littérature. Les méthodes qualitatives sont largement utilisées par les anthropologues, sociologues et pédagogues. En plus des méthodes d'analyse quantitative, ils

ont augmenté la capacité des chercheurs à comprendre la complexité du comportement des acteurs dans l'industrie et en particulier pendant le processus de conception (Boujut and Blanco 2003) (Eckert and Boujut 2003). Ces méthodes sont également utilisées pour étudier le système de santé (Borges Da Silva 2001), (Greenhalgh and Taylor 1997). L'utilisation de l'approche qualitative pour étudier le processus d'innovation a été déjà mise en œuvre (Buckler and Zien 1996) et (Boly et al. 2000).

Les données quantitatives sont utilisées seulement à la fin de la collecte. « L'approche quantitative tente de vérifier une hypothèse par une ventilation qui réduit nécessairement la réalité (le positivisme) » (Borges Da Silva 2001). Les méthodes quantitatives cherchent à corroborer une hypothèse à travers une série de mesures. Les données sont utilisées ensuite pour tirer une conclusion sur la vérification de l'hypothèse. Le chercheur teste une hypothèse par un raisonnement déductif. Sa méthode donne des résultats avec un certain niveau de fiabilité et de reproductibilité. Dans notre cas, nous cherchons par exemple à étudier l'influence des Objets Intermédiaire de Transfert (OIT) sur le résultat final du projet. Ainsi, la relation entre la forme de l'échange (nombre d'e-mails, de réunions, d'appels téléphoniques...) et les caractéristiques de la PME (nombre de cadres impliqués dans le projet de transfert de technologie) est étudiée.

#### 4.3.3. Outils d'observation

Pour mettre en application la méthodologie d'observation proposée dans le Chapitre 3 paragraphe 3.3, nous avons développé deux outils de collectes de données : une *grille d'observation* (voir Figure 15) et une *grille récapitulative* (voir la Figure 16). Ces deux outils ont été mis au point pour collecter des données de nature qualitative et quantitative.

La *grille d'observation* a pour objectif de suivre les échanges entre les différents acteurs lors d'une réunion. Une *grille d'observation* est remplie à chaque réunion. Sa fonction est de collecter des données qualitatives et quantitatives des phénomènes observables choisis pour un projet de TT. Chaque grille est identifiée avec des références relatives au nom de l'entreprise, la date de la réunion et des informations quantitatives telles que la durée de la réunion, le nombre d'OIT et enfin des informations qualitatives, comme des événements de déclenchement, l'action prévue pour le prochain contact, les acteurs qui participent à la réunion, le climat d'échange et des remarques plus spécifiques au projet.

Une *grille d'observation* est remplie en quatre temps. La première étape, au début de la réunion, consiste à fixer les éléments du contexte en remplissant les cases :

- Date
- Heure
- Parties prenantes (acteurs) et leurs fonctions
- Forme de l'échange (contact direct, contact téléphonique, e-mail, courrier)
- La partie qui a sollicité la réunion
- Phase du projet de transfert de technologie
- L'événement déclencheur de la réunion

La deuxième étape consiste à saisir au fur et à mesure de l'avancement de la réunion les informations suivantes :

- Prise de notes de ce qui est dit (observations)
- Les OIT qui apparaissent au fur et à mesure de la réunion
- Noter les apparitions épisodiques de certains acteurs
- Les sujets abordés

La troisième étape se déroule à la fin de la réunion. Elle consiste à :

- Donner un premier jugement sur la dominance d'une partie sur l'autre dans un sujet abordé
- Noter l'heure de fin de réunion et donc sa durée
- Recenser les actions planifiées pour le prochain contact

Enfin, la quatrième étape consiste à confirmer ou réajuster le jugement sur la dominance d'une partie sur l'autre dans un sujet après relecture des notes.

La **grille récapitulative** a pour objectif de résumer les flux d'échanges qui ont eu lieu entre les différents acteurs au cours des différentes séances de travail (voir la Figure 16). Cette grille synthétise l'historique du projet. Elle reprend les données clefs des différentes **grilles d'observation** d'un projet.

La Figure 17 montre une **grille récapitulative** des flux d'échange d'un des projets suivis. Une partie des informations a été masquée pour des raisons de confidentialité. Cette grille illustre plusieurs phases dans le projet de transfert. Certaines de ces phases présentent des échanges très intenses, d'autres sont des périodes moins productives dans la relation entre les acteurs. Elle donne une vision globale de la dynamique du projet.



Récapitulatif des flux de transfert de l'entreprise:						Date de début:										
Date	Phase de transfert	Origin/ durée	Élément déclencheur	Acteurs	OIC/OIT	Contenu de l'échange					Forme de l'échange					
..... ..... .....	..... ..... .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	C	M	AP	Q	S	E		..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....
						O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T						
						.....	.....	.....	.....	.....						
..... ..... .....	..... ..... .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	C	M	AP	Q	S	E		..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....
						O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T						
						.....	.....	.....	.....	.....						
..... ..... .....	..... ..... .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	C	M	AP	Q	S	E		..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....
						O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T						
						.....	.....	.....	.....	.....						
..... ..... .....	..... ..... .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	C	M	AP	Q	S	E		..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....
						O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T						
						.....	.....	.....	.....	.....						
..... ..... .....	..... ..... .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	C	M	AP	Q	S	E		..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....
						O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T						
						.....	.....	.....	.....	.....						

Figure 16. Grille récapitulative

Récapitulatif des flux de transfert de l'entreprise: XXX

Date de début: 9/10/07

Date	Phase de transfert	Origin/ durée	Elément déclencheur	Acteurs	OIC/OIT	Contenu de l'échange						Forme de l'échange									
						C	M	AP	Q	S	E										
9/10/07	Prise de contact (lieu EEIGM)	2h30 	Relance de l'entreprise suite à l'inauguration du four	*directeur général (DG) de XXX * (DT) directeur technique de XXX *le directeur et 1 chargé d'affaires du CM2T	*2 pièces brasées par 2 technologies différentes *1 présentation power point	C	M	AP	Q	S	E										
						X	X	X													
						O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T											X
							X		X	X											
18/10/07	Prise de contact (lieu «entreprise XXX»)	1h30 	Besoin du CM2T de visiter les installations de l'«entreprise XXX».	*DG de XXX *DT de XXX *1 chargé d'affaires du CM2T *2 chargé d'affaires de XXX	*Accord de non-divulgateion *une pièce brasée	C	M	AP	Q	S	E										
						X															
						O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T										X	X
							X		X												
12/11/07	Mise en confiance et acceptation	< 10 mn 	.....	*DT de XXX *1 chargé d'affaires du CM2T	*1 présentation power point d'une proposition technique * texte d'une norme	C	M	AP	Q	S	E										
						O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T										X	
									X												
12/12/07	Mise en confiance et acceptation (lieu «entreprise XXX»)	2h55. 	.....	*DG de XXX *DT de XXX *1 chargé d'affaires du CM2T	*1 présentation power point d'une proposition technique * texte d'une norme	C	M	AP	Q	S	E										
							X	X													
						O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T										X	
							X		X	X											
18/1/08	Collaboration	<10 mn 	.....	*DT de XXX *1 chargé d'affaires du CM2T		C	M	AP	Q	S	E										
						O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T									X		
									X												
25/1/08	Collaboration (lieu «entreprise XXX»)	2h15 	.....	*DT de XXX *1 chargé d'affaires du CM2T *1 ingénieur du CM2T	*schéma d'un outillage * un document de référence sur la température de brasage de matériaux	C	M	AP	Q	S	E										
								X	X												
						O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T										X	
							X		X	X											

Figure 17. Exemple de grille récapitulative des flux d'échanges pour un projet de TT

#### 4.3.4. Organisation des travaux expérimentaux

La période d'expérimentation a débuté en décembre 2006 pour se terminer en septembre 2009. Durant cette période, nous avons effectué 18 visites prospectives suite à une étude préliminaire visant à établir une liste d'entreprises potentiellement intéressées par le projet MATBRAZ détaillé dans le paragraphe 4.3.1. Ces visites ont été effectuées avec un expert en brasage. Suite à ces visites, cinq projets ont été retenus pour l'étude. Le centre de transfert a été le CM2T pour quatre de ces projets (A, B, C, D) et l'IS pour un projet (E). Nous avons commencé par suivre un projet de transfert qui avait débuté avant notre étude puis au vu des résultats de la phase prospection auprès des entreprises, le nombre de projets a augmenté jusqu'à atteindre le nombre de cinq.

La Figure 18 montre la période d'observation pour chaque projet. Cette période varie de 3 à 24 mois pour une durée totale d'observation de 34 mois.

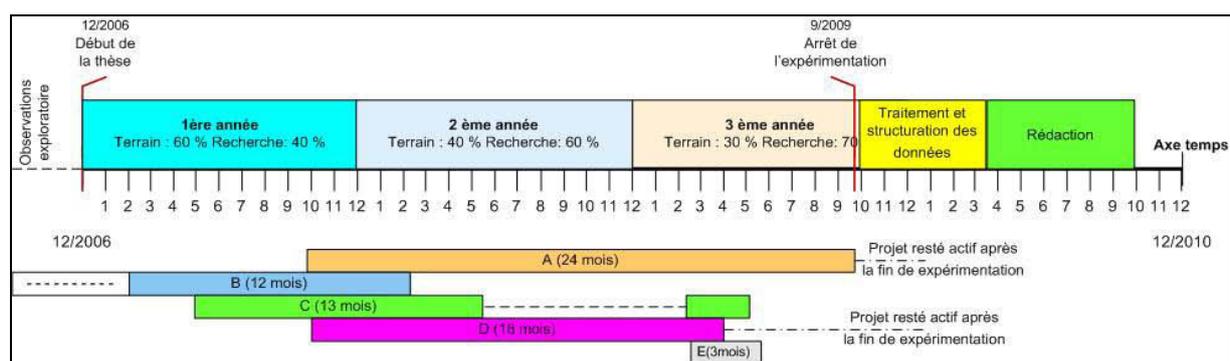


Figure 18. Organisation du temps

#### 4.4. Conclusions du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons précisé le cadre de notre expérimentation en vue des objectifs fixés, à savoir une meilleure compréhension du processus de TT et l'identification de ses leviers de pilotage. Nous avons présenté un aperçu du travail préliminaire qui a permis de préparer le terrain pour l'expérimentation. Ce travail est principalement constitué d'une revue de la littérature sur les procédés d'assemblage et d'une démarche exploratoire pour sélectionner les entreprises observées. Nous avons également présenté les outils de récolte de données (grille d'observation et grille récapitulative) mise au point et l'organisation temporelle de l'expérimentation. Les outils d'observations sont un résultat de notre travail. Leur caractère générique permet leur exploitation dans l'observation de projets de transfert dépassant largement l'application du brasage.

# Chapitre 5. Résultats expérimentaux et traitement des données

« Le fait scientifique est conquis, construit et constaté »

**Gaston Bachelard**

- Conquis sur les préjugés,
- Construit par la raison,
- Constaté dans les faits.

## **But du chapitre**

Dans ce chapitre, nous proposons d'exposer la démarche de traitement des données en vue des questions posées, de la nature du processus étudié et du temps imparti. Nous détaillons plus particulièrement les indicateurs mis en place pour identifier les invariants du processus de TT. Ce faisant, nous précisons les approches d'analyse adoptées et détaillons les résultats obtenus.

## 5.1. Démarche de traitement des données

Les données brutes récoltées sur le terrain grâce aux grilles d'observation et à partir des documents obtenus dans les entreprises observées sont matérielles (OIT) ou immatérielles. Ces données sont regroupées et structurées pour préparer leur interprétation. Plus précisément, nous avons élaboré un modèle de chacun des cinq projets grâce à notre modèle conceptuel en cinq phases proposé dans le Chapitre 3 au paragraphe 3.4.2. De plus, nous avons réalisé des schémas décrivant les suites d'OIT élaborés pour chacun des projets (historique de la conception des objets). Enfin, divers tableaux ont été mis au point avec les données immatérielles (par exemple, des tableaux de dominance, des tableaux des familles de sujets abordés lors des réunions...). L'interprétation est réalisée grâce à deux approches conformément à la Figure 19 qui résume la démarche de traitement des données. La première est une approche comparative descriptive. La deuxième est une approche multicritère basée sur la théorie des ensembles approximatifs (rough sets). Cette dernière approche fournit des informations utiles pour la compréhension du processus mais aussi des règles pour aider la prise de décision. Elle a pour objectif de valider une partie des résultats obtenus par l'approche comparative.

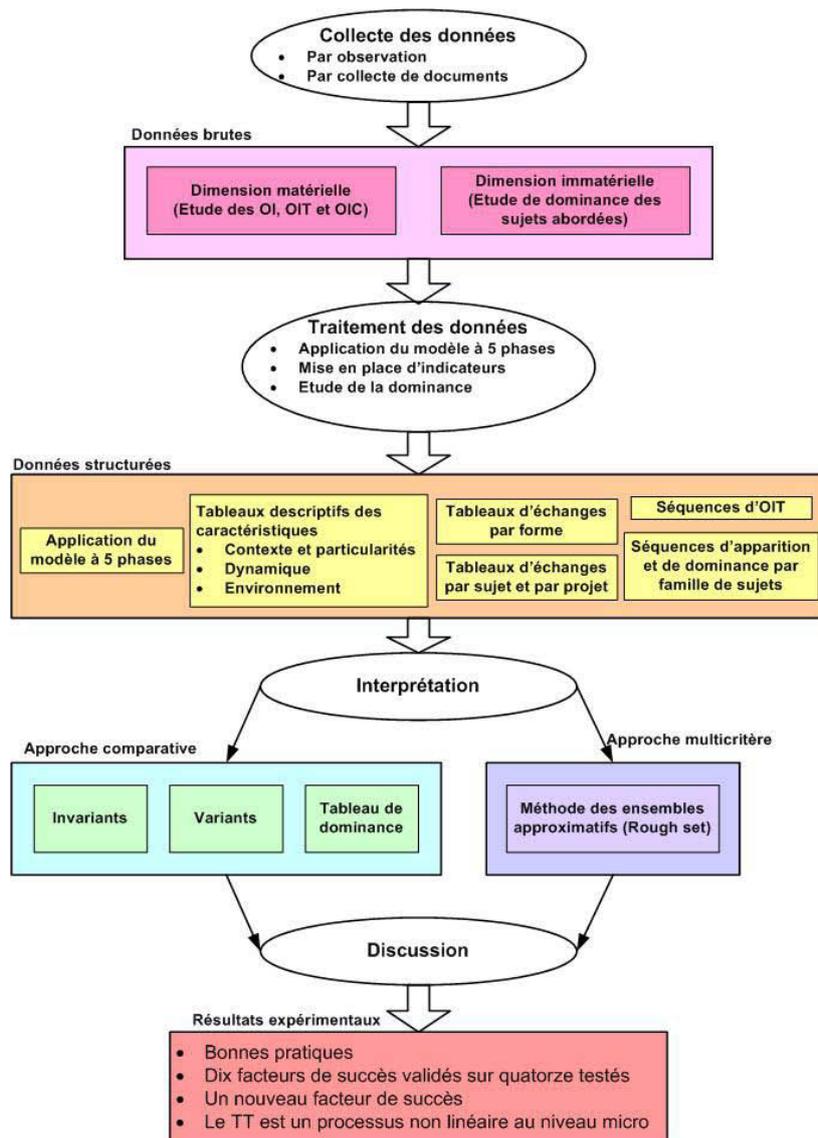


Figure 19. Méthodologie de traitement et analyse des données

### 5.1.1. Mise en place des indicateurs pour l'approche comparative

Nous avons vu que, dans la littérature, les facteurs clés de succès du TT sont multiples et qu'ils ont été établis a posteriori. Le mode de définition de ces critères reste essentiellement l'enquête d'opinion. De ce fait, en termes de recherche, il reste à tester ces facteurs par des données de terrain (en particulier au niveau micro). Pour aborder ce problème de quantification de l'impact des facteurs de succès, nous avons choisi de vérifier l'influence présumée de certains facteurs clés de succès trouvés dans la littérature. Plus précisément, nous avons établi une liste de ces facteurs de succès (exemple : une politique claire de propriété intellectuelle existe entre les partenaires du TT). Ensuite, nous avons défini des phénomènes observables au niveau micro de ces facteurs clés (exemple : élaboration de contrat de confidentialité). Enfin, nous avons étudié si, dans nos données de terrain, nous pouvions relever des faits correspondant à ces phénomènes observables (exemple : un OIT existe appelé NDA (Accord de non divulgation)). La Figure 20 résume la démarche que nous avons suivie pour la mise en place des indicateurs de performance.

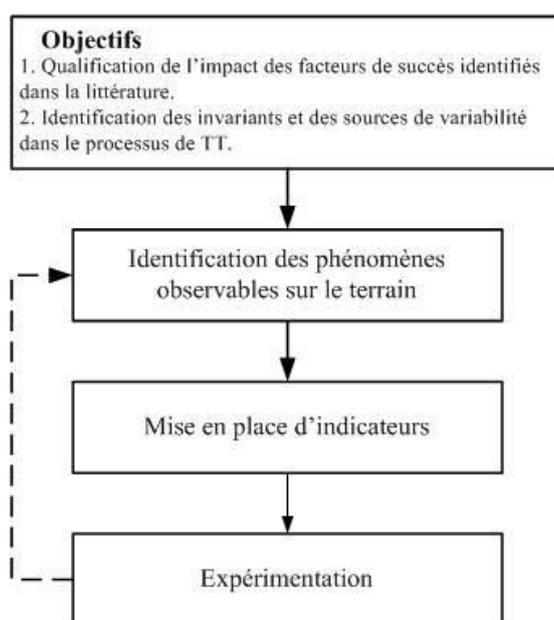


Figure 20. Démarche de mise en place des indicateurs

La mise en place d'indicateurs mesurables s'avère critique en vue d'apprécier les facteurs de succès. Ainsi, nous pouvons vérifier si les facteurs de succès sélectionnés sont préoccupants pour les acteurs. Bien sûr, cela ne mesure pas l'impact exact de ces facteurs mais la comparaison de cinq cas d'étude permet d'envisager l'existence de liens entre le résultat final d'un projet et la prise en compte ou non par les parties prenantes des facteurs sélectionnés. La sélection des facteurs de succès à étudier est exclusivement liée à l'existence de phénomènes observables dont le suivi est réalisable sur le terrain dans le cadre de notre expérimentation en utilisant les données auxquelles nous avons accès.

Parmi les 37 facteurs de succès identifiés dans notre revue de la littérature détaillée dans le paragraphe 2.2.5, nous avons observé 14 facteurs de succès. Le choix de ces facteurs a été déterminé par les conditions d'expérimentation. Seuls les facteurs auxquels on a pu associer des phénomènes observables ont fait partie de cette étude. Dans le Tableau 18, nous donnons la liste des facteurs de succès observés, des phénomènes observables et des indicateurs associés mis en place.

		<b>Facteurs</b>	<b>Les phénomènes observables</b>	<b>Les indicateurs impliqués</b>
1	« Env. macro »	La politique gouvernementale	Non observé	
2		Appui financier et organisationnel régional	L'existence d'un programme de subvention qui profite à la PME	Montant des subventions (S) perçues dans le cadre de Matbraz ?
3		Contexte économique global	Retard dans le projet Licenciements de personnel touchant le projet	Les dirigeants affirment subir des distorsions dans leur activité dues à la crise (2007-2010) (I <sub>c</sub> )
4	« Env. micro »	Mode de transfert	Non observé	
5		Complexité de la configuration de TT	Des interrelations nombreuses entre divers acteurs	Nombre de parties prenantes dans le projet (N <sub>p</sub> )
6		La demande du client final (Market pull)	Le client final est représenté dans le processus : cahier des charges imposé, exigence de transparence sur les solutions et les sous traitants...	Documents transmis ou réunions organisées avec les clients (M <sub>p</sub> )
7	« Humain »	Relation de confiance	Non observé	
8		Communication (capacité de bonne entente)	Non observé	
9		Niveau d'interaction entre les acteurs	Fréquence des échanges, leurs natures. L'expert a fait profiter la PME de son réseau pour réaliser des essais.	Nombre total des réunions du projet (N) Nombre d'échanges (mail, téléphone, réunion) (N <sub>T</sub> ) Nombre d'objets de transfert par mois (τ) Niveau de collaboration (Col)
10		L'existence d'un leader	L'existence d'un champion pour le projet : un interlocuteur chargé du projet.	L'existence d'un leadership (L)
11		Engagement	Non observé	
12		Adéquation des ressources	Nombre de cadres participant au projet Une organisation structurée de la conception dans la PME	Nombre de cadres prenant partie dans le projet (présence aux séances de travail (N <sub>c</sub> )) L'existence d'un Bureau d'Etudes (BE)
13		Alignement d'intérêt	Non observé	
14		Travail en équipe	Non observé	
15		Implication du décideur	Présence du décideur aux réunions	Nombre de participations du PDG (N <sub>r</sub> ) Taux de participation du PDG (T <sub>r</sub> )
16		Plan de travail avec des jalons et des livrables	Elaboration d'un planning du projet	Nombre d'OIT de la catégorie « Planning » (N <sub>OIT / « Planning »</sub> ) Nombre d'Objets Intermédiaires de Transfert (N <sub>OIT</sub> )
17		Publicité	Non observé	
18		Action collective	Non observé	

19	« Organisation et méthodes »	Participation précoce des partenaires	Non observé	
20		Pertinence de la stratégie adoptée	Non observé	
21		Inspection après transfert	Non observé	
22		Protection de la propriété intellectuelle	Elaboration de contrats de confidentialité	Nombre d'OIT de la catégorie « Documents confidentialité / Propriété intellectuelle » ( $N_{OIT}$ / « Doc. confidentialité / Prop. intellectuelle »)
23		Le transfert de technologie comme un objectif	Au départ du projet, les acteurs ont identifié verbalement (dans les échanges oraux) ou / et par écrit le TT	Présence d'un texte ou d'un relevé de discussion ( $Ob_T$ )
24		Simplicité des formalités administratives	Non observé	
25		Liste de décision	Non observé	
26		Formation	Programmation de formation dans le cadre du transfert de technologie	Participation d'au moins un cadre à une Formation (F)
27	« Technologie »	Pertinence et qualité de la technologie	Non observé	
28		Coût des premiers tests	Non observé	
29		Connaissances de base (capacité d'absorption)	Non observé	
30		Améliorer les pratiques de travail	Confirmation verbale des acteurs de l'amélioration de leurs connaissances	Amélioration des pratiques (Ap)
31		Qualité des performances	Non observé	
32		Les performances financières	Non observé	
33		Machines	Non observé	
34	Evaluation de la commercialisation	Non observé		
35	« Produit »	Degré de nouveauté	Non observé	
36		Degré de complexité	Nombre d'opérations effectuées sur la pièce, nécessité d'un traitement préalable	Complexité de la pièce (Cp)
37		Accès au marché	Non observé	

Tableau 18. Liste des facteurs de succès, des phénomènes observables et des indicateurs mis en place qui leur sont associés

Les indicateurs mis en place sont majoritairement établis pour quantifier les quinze facteurs de succès étudiés. En complément, nous avons rajouté des indicateurs pour faciliter l'analyse tel que l'indicateur « Résultat » qui permet d'apprécier le résultat final du projet ou l'indicateur « D » qui permet d'apprécier la durée d'observation par projet.

Dans le Tableau 19, nous donnons la liste des définitions des indicateurs mis en place.

	<b>Intitulé de l'indicateur</b>	<b>Symbole</b>	<b>Description</b>	<b>Objectifs</b>
<b>1</b>	<b>Amélioration des pratiques</b>	Ap	Cet indicateur permet d'évaluer si les acteurs ont amélioré leurs pratiques de travail. C'est un indicateur qualitatif binaire (« Oui » si les acteurs (coté PME et CTT) ont confirmé verbalement l'amélioration de leurs connaissances, « Non » dans le cas contraire). Il a un double rôle : étudier les facteurs de succès et confirmer la vision du TT comme processus bidirectionnel où le centre de transfert et la PME montent en compétence.	étude des facteurs de succès. étude de l'échange entre les acteurs.
<b>2</b>	<b>L'existence d'un Bureau d'Etudes</b>	BE	Cet indicateur permet d'évaluer si l'entreprise a mis les moyens nécessaires pour mener le projet de transfert. C'est un indicateur qualitatif binaire (« Oui » la PME possède un Bureau d'Etudes et l'a mis à contribution dans le projet, « Non » dans le cas contraire). Cet indicateur a pour objectif d'étudier l'influence de la mise à disposition des ressources nécessaires sur le résultat final du projet.	étude des facteurs de succès.
<b>3</b>	<b>Collaboration</b>	Col	Cet indicateur permet d'évaluer si l'entreprise a profité du réseau de l'expert. C'est un indicateur qualitatif (« Nulle » aucun contact avec le réseau de l'expert en brasage, « Faible » la PME a profité du réseau de l'expert, « Forte » intégration d'un partenaire grâce à l'expert en brasage). Cet indicateur permet d'apprécier s'il y a construction d'un réseau commun par les parties prenantes.	étude des facteurs de succès. étude de l'échange entre les acteurs.
<b>4</b>	<b>Complexité de la pièce</b>	Cp	C'est un indicateur quantitatif. Qui permet de juger le niveau de complexité d'une pièce en la qualifiant d'« élevée », « moyenne », ou « faible ». Cette qualification traduit la valeur ajoutée des opérations effectuées sur la pièce. Cet indicateur donne une idée sur l'influence du produit sur le résultat du projet.	étude des facteurs de succès.
<b>5</b>	<b>Durée d'observation</b>	D	La durée d'observation du projet exprimé en mois. C'est un indicateur quantitatif. La durée d'observation permet de fixer les limites de notre travail. En effet, certains projets ont été intégralement observés d'autres partiellement. De plus, cela donne une idée de la durée du projet et donc indirectement de son ambition et de sa complexité.	étude de la dynamique d'échange.
<b>6</b>	<b>Formation</b>	F	Cet indicateur a pour objectif de vérifier si la PME est montée en compétence technologiquement grâce à des formations. Cet indicateur est binaire (« Oui » la PME a reçu une formation par le centre de transfert, « Non » dans le cas contraire).	étude des facteurs de succès.
<b>7</b>	<b>Influences de la crise financière mondiale (2007-2010)</b>	I <sub>c</sub>	C'est un indicateur qualitatif binaire (« Oui » s'il y a eu influence sur le projet, « Non » dans le cas contraire). La quantification de l'impact exact n'est pas recherchée. L'influence peut être un retard dans le projet, des licenciements, des pertes financières une réduction des objectifs. Cet indicateur cherche à évaluer si l'environnement a eu un impact sur le projet.	étude des facteurs de succès.
<b>8</b>	<b>Impact interne du projet</b>	ImpactInterne	C'est un indicateur qualitatif qui permet de juger l'impact du projet en interne de la PME (réorganisation, investissement, recrutement de personnels (« Nulle » aucun impact, « Faible » impact très limité, « moyen » impact visible de l'extérieur, « fort » très visible de l'extérieur)	étude des facteurs de succès.
<b>9</b>	<b>Impact externe du projet</b>	ImpactInterne	C'est un indicateur qualitatif qui permet de juger l'impact du projet sur son environnement (fournisseurs, clients, changement législatif, pratiques du consommateur...) Il prend les modalités suivantes : (« Nulle » aucun impact, « Faible » impact très limité, « moyen » impact ressenti par l'environnement proche (client, fournisseur), « fort » très visible au niveau de l'environnement)	étude des facteurs de succès.

	<b>Intitulé de l'indicateur</b>	<b>Symbole</b>	<b>Description</b>	<b>Objectifs</b>
10	<b>Leadership</b>	L	L'existence d'un leadership permet d'apprécier l'implication des décideurs dans le projet et l'influence de cette implication dans le projet. Cet indicateur est qualitatif binaire (« Oui » si un champion effectif est désigné pour le projet, « Non » dans le cas contraire).	étude des facteurs de succès.
11	<b>L'existence d'un market pull</b>	M <sub>P</sub>	C'est un indicateur qualitatif binaire (« Oui » si le projet est impulsé par un besoin du client final, « Non » dans le cas contraire). Plus la force du client final est importante, moins la PME peut l'ignorer. Cela facilite le processus de TT. Cet indicateur a pour objectif d'étudier l'influence de l'environnement sur le projet.	étude des facteurs de succès.
12	<b>Nbre de cadres dans le projet</b>	N <sub>c</sub>	C'est un indicateur quantitatif. Il dénombre le nombre de cadres qui ont fait partie d'une manière permanente du projet du côté de la PME. Cet indicateur permet d'évaluer si l'entreprise met en place les ressources nécessaires pour le bon déroulement du projet et d'apprécier indirectement le niveau de formalisme attendu.	étude des facteurs de succès.
13	<b>Nbre de contacts directs</b>	N	Cet indicateur dénombre les contacts directs qui ont lieu (un contact direct est une réunion où les différents acteurs se rencontrent autour d'une table). C'est un indicateur quantitatif. Les réunions sont l'occasion d'échanges intenses. L'organisation d'une réunion exige la mobilisation de temps et de ressources. Couplé avec des indicateurs tel que le nombre d'OIT, il permet d'apprécier la dynamique du projet : Est-ce que les acteurs se voient beaucoup ou pas ? Est-ce que les réunions sont productives ou pas ?	étude des facteurs de succès. étude de la dynamique d'échange.
14	<b>Nbre d'Objets Intermédiaires de Transfert</b>	N <sub>OIT</sub>	Nombre d'Objets Intermédiaires de Transfert lors de la période d'observation. C'est un indicateur quantitatif. Il permet d'apprécier le niveau de matérialisation des connaissances et savoir-faire mobilisés lors du projet. De plus, cela donne une idée sur le niveau de formalisation dans la PME.	étude des facteurs de succès. étude de la dynamique d'échange.
15	<b>Nbre d'Objets Intermédiaires de Transfert par catégorie</b>	N <sub>OIT/c</sub>	Nbre OIT / catégorie OIT C'est un indicateur quantitatif. Il permet d'apprécier le niveau de matérialisation des connaissances. La visualisation du nombre d'objets par catégorie d'OIT donne une idée sur le niveau de formalisation de la PME. Ainsi que la dynamique de travail et des priorités des acteurs dans le déroulement du projet par exemple, la multiplication de plans et nomenclatures sont révélateurs d'un certain niveau de formalisme.	étude des facteurs de succès. étude de la dynamique d'échange.
16	<b>Nbre de parties prenantes dans le projet</b>	N <sub>p</sub>	C'est un indicateur quantitatif. Il dénombre les parties prenantes dans le projet. Est-ce que c'est une configuration bi-acteurs (centre de transfert et la PME), ou une configuration multi-acteurs où des acteurs supplémentaires viennent enrichir l'échange : sous-traitants, clients. De plus, cela donne une idée de la complexité du projet.	étude des facteurs de succès. étude de l'échange entre les acteurs.
17	<b>Nbre de participations du PDG</b>	N <sub>r</sub>	Cet indicateur dénombre les participations du PDG (ou équivalent en responsabilité) aux contacts directs qui ont eu lieu lors de la période d'observation. C'est un indicateur quantitatif. Il a pour objectif d'apprécier l'engagement des décideurs dans le projet et l'appui qu'il accorde aux acteurs impliqués.	étude des facteurs de succès.
18	<b>Nbre total d'échanges</b>	N <sub>T</sub>	Cet indicateur dénombre les échanges toutes formes confondues (échange direct, e-mail, téléphone, courrier postal) qui ont eu lieu. Cet indicateur permet d'étudier la dynamique de l'échange, le niveau d'interaction entre les acteurs et de voir les canaux de communication privilégié par les acteurs.	étude des facteurs de succès. étude de la dynamique d'échange.

	<b>Intitulé de l'indicateur</b>	<b>Symbole</b>	<b>Description</b>	<b>Objectifs</b>
19	<b>Objectif transfert</b>	Ob <sub>T</sub>	C'est un indicateur qualitatif binaire qui permet d'évaluer si le transfert de technologie a été affiché comme objectif dès le départ du projet ou pas (« Oui » si les acteurs ont fixé dès le départ le transfert de technologie comme objectif. « Non » si le transfert de technologie est une conséquence d'autres objectifs. Cet indicateur permet d'apprécier le formalisme des objectifs de départ du projet.	étude des facteurs de succès.
20	<b>Résultat</b>	Résultat	C'est un indicateur qualitatif qui permet d'évaluer le résultat final du projet. « Succès total » s'il y a réalisation des objectifs fixés au départ du projet par exemple vérifier la faisabilité de la substitution de la technologie actuel par le brasage à l'échelle industrielle. « Succès partiel » si les objectifs de départ ont été réalisés partiellement ou s'il y a eu des résultats importants non visés au départ tels que l'exploitation du savoir-faire grâce à une Start up ou une Spin off. Dans le cadre de ce travail, nous considérons qu'il y a eu succès d'un projet de TT. « Echec » si les objectifs fixés ne sont pas atteints.	permet d'analyser le lien entre le résultat du projet et les valeurs du reste des indicateurs
21	<b>Subvention</b>	S	Est-ce que la PME a bénéficié de subventions dans ce projet ou pas ? C'est un indicateur qualitatif (« conséquente » si l'entreprise a bénéficié de subventions supérieures à 10 000, « modeste » si inférieures à 10 000 € et « Non » si le projet est totalement financé par la PME). Cet indicateur permet d'apprécier si les aides dans le cadre d'un projet de transfert favorisent le succès de ce dernier.	étude des facteurs de succès.
22	<b>Taux de participation du PDG</b>	T <sub>r</sub>	Taux de participation du PDG (ou équivalent en responsabilité) aux contacts directs qui ont eu lieu lors de la période d'observation. $T_r = N_r / N$ . C'est un indicateur quantitatif. Il permet d'apprécier l'engagement des décideurs dans le projet. Il permet également de comparer les différents projets en s'affranchissant de la durée d'observation différente pour chaque projet.	étude des facteurs de succès.
23	<b>taux de matérialisation</b>	$\tau$	Nombre d'OIT par mois (Nombre d'Objets Intermédiaires de Transfert (N <sub>OIT</sub> ) divisé par la durée d'observation (D). L'augmentation de $\tau$ traduit l'amélioration de la dynamique de matérialisation du projet. En effet, $\tau$ Si $\tau$ augmente → durée du processus diminue et/ou le nombre d'OIT augmente (Nombre d'OIT augmente → la complexité de la pièce ou du procédé de brasage augmente). C'est un indicateur quantitatif. Il permet d'apprécier la dynamique de travail des acteurs.	étude des facteurs de succès. étude de la dynamique d'échange.
24	<b>Nbre de contacts directs par mois</b>	$\alpha$	$\alpha = N/D$ (avec N nombre de contacts directs et D durée du projet). Cet indicateur permet d'apprécier la dynamique d'échange en comptabilisant le nombre de réunions par mois. L'augmentation de $\alpha$ traduit l'amélioration de la dynamique temporelle du projet. $\alpha$ augmente → les parties prenantes se rencontrent plus sur l'horizon d'un mois. C'est un indicateur quantitatif.	étude de la dynamique d'échange.

**Tableau 19. Liste des indicateurs mis en place et leurs définitions**

### **5.1.2. Etude des invariants / variants par l'approche comparative**

Dans le cadre de cette étude, nous cherchons à identifier les invariants dans un processus de transfert de technologie. Un invariant est défini dans le cadre de ce travail, comme un phénomène identifié comme récurrent. Un invariant doit être validé par constat sur les différents cas observés. Il consiste en :

- une suite toujours identique d'OIT (ordre stable). Sachant que des OIT supplémentaires peuvent se « glisser » entre des OIT constituant une séquence stable.
- une série de thématiques (famille de sujets) toujours abordées dans le cadre d'un projet et ceci dans un ordre stable.

L'étude des invariants est menée grâce à plusieurs axes d'analyse :

- application du modèle à cinq phases proposé.
- étude des indicateurs :
  - étude des objets intermédiaires de transfert (dimension matérielle des échanges).
  - étude de la dynamique de l'échange (formes, fréquence, acteurs, moyens, interrelation).
  - étude des caractéristiques de chaque projet (complexité de la pièce, impact sur l'environnement...).
- étude de la dominance dans les échanges oraux (dimension immatérielle).

Les invariants sont déterminés suite à l'étude comparative des données structurées. L'analyse des invariants permet de caractériser le processus de transfert de technologie et de déterminer et tester les phénomènes clefs qui lui sont propres en vue d'une meilleure compréhension. L'aspect générique de ces phénomènes est à explorer en poursuivant l'observation d'autres entreprises.

Enfin, les variants sont des séquences qui attestent de l'absence de stabilité des phénomènes au sein du panel.

### **5.1.3. Approche multicritère par la théorie des ensembles approximatifs : choix et concept mathématique**

Notre étude de cas s'inscrit dans le cadre d'un problème de décision multicritère / attribut. Il s'agit de valider une partie des résultats obtenus par l'approche descriptive comparative et d'explorer les relations entre les résultats des projets de TT (succès total, partiel ou échec) et les données récoltées relatives à des attributs identifiés (indicateurs). L'objectif de l'analyse des données est d'identifier des règles de suivi et de pilotage des projets de transfert de technologie en vue d'aider à la prise de décision pour optimiser les chances de succès du projet de transfert. Dans notre étude, nous disposons de résultats, correspondant aux projets suivis, et des critères potentiels dénotés par les indicateurs proposés dans le paragraphe 5.1.1 du Chapitre 4 et les caractéristiques descriptives de chaque projet.

Bernard Roy (Roy 1985) affirme qu'un problème de prise de décisions multicritère se ramène forcément à l'une des quatre problématiques dites de références. Le Tableau 20 détaille le type, l'objectif et le résultat de chaque problématique.

Problématique	Objectif	Résultat
P.α	Éclairer la décision par le choix d'un sous-ensemble aussi restreint que possible en vue d'un choix final d'une seule action, ce sous-ensemble contenant de "meilleures" actions (optimums) ou, à défaut, des actions "satisfaisantes" (satisfecums).	Un choix ou une procédure de sélection
P.β	Éclairer la décision par un tri résultant d'une affectation de chaque action à une catégorie, les catégories étant définies a priori en fonction de normes ayant trait à la suite à donner aux actions qu'elles sont destinées à recevoir.	Un tri ou une procédure d'affectation
P.γ	Éclairer la décision par un rangement obtenu en regroupant tout ou partie (les "plus satisfaisantes") des actions en classes d'équivalence, ces classes étant ordonnées, de façon complète ou partielle, conformément aux préférences.	Un rangement ou une procédure de classement
P.δ	Éclairer la décision par une description, dans un langage approprié, des actions et de leurs conséquences.	Une description ou une procédure cognitive

**Tableau 20. Les quatre problématiques de référence (Roy 1985)**

Notre étude s'inscrit clairement dans le cas d'une problématique d'aide à la décision type P.δ selon la classification de (Roy 1985) de notre étude de cas. Parmi les diverses approches permettant de traiter cette problématique, nous pouvons citer les réseaux bayésiens, la logique floue et la théorie des ensembles approximatifs. L'objectif d'un problème de décision est de répondre à deux points fondamentaux. Le premier est d'expliquer la décision, dans les circonstances où cette décision a été prise. Le deuxième est de donner une prescription sur la manière de prendre une décision face à une circonstance spécifique (Pawlak 1997).

Dans ce domaine, la théorie des ensembles approximatifs RST (Rough Sets Theory) a démontré son efficacité à éclairer et à optimiser la décision en fournissant non seulement des informations utiles, dans un langage commun, pour la compréhension du processus décrit par les données, mais aussi des règles pour aider à la prise de décision (Liou and Tzeng 2010). Ces dernières années, la théorie RST a été appliquée avec succès dans des divers secteurs pour l'extraction de connaissances à partir de données (Pawlak 2002). Dans ce sens, nous pouvons citer (Imai et al. 2008) pour clarifier les types de facteurs et comportements des acteurs qui favorisent la relation avec le client dans le domaine des services informatiques, (Jackson et al. 1996) pour l'extraction des connaissances à partir des données expérimentales dans le génie des matériaux, (Slowinski and Zopounidis 1995) pour l'évaluation des risques de faillite des entreprises, (Zhai et al. 2002) pour le diagnostic de défaillance des machines, prédiction d'échec dans l'entrepreneuriat (Dimitras et al. 1999; Beynon and Peel 2001), analyse de la demande des voyages (Goh and Law 2003) (Liou and Tzeng 2010) ou encore pour la compréhension de causalité et prévention d'accidents (Wong and Chung 2007) entre autres.

La multitude d'applications de la théorie des ensembles approximatifs montre qu'elle est devenue un outil très utilisé dans les systèmes d'aide à la décision en particulier lorsque des concepts flous ou des données incertaines interviennent dans le processus de décision. (Pawlak 1997) a résumé les principaux avantages de cette théorie comme suit :

- propose des algorithmes efficaces pour retrouver des tendances cachées dans un ensemble de données,

- permet de trouver l'ensemble minimal de données (réduction des données),
- évalue la pertinence des données,
- n'exige aucune information a priori pour traiter les données,
- génère un ensemble minimal de règles à partir des données,
- facile à comprendre,
- facilite l'interprétation des résultats grâce à des règles de décisions.

La DRSA (Dominance-Based Rough Set) est une généralisation de la RST. Elle est particulièrement adaptée à notre étude comparée à des méthodes basées sur la logique floue ou les Réseaux Bayésiens (RB). Ces méthodes jouent un rôle de plus en plus important dans l'extraction de connaissances, la classification de données, l'apprentissage, la prédiction et bien d'autres applications. (Cai et al. 2010) proposent un aperçu de l'application des réseaux bayésiens dans le domaine de la maintenance. Cependant, elles peuvent nécessiter des préférences a priori par rapport à l'importance des attributs ou une base de données suffisamment fournie pour effectuer un apprentissage automatique. (Ben-Ahmed and Yannou 2009) proposent une utilisation des réseaux bayésiens pour bâtir un modèle d'évaluation de perception où le RB est construit grâce à un apprentissage automatique.

En effet, nous disposons de données qualitatives et quantitatives qui peuvent être présentées sous forme d'une table de décision où la décision correspond au résultat du projet de TT (succès total, partiel ou échec) et les attributs correspondent aux indicateurs observés. Cependant, nous n'avons pas suffisamment de recul pour établir des poids ou des relations de préférences entre les différents attributs. De plus, le nombre de cas étudiés (cinq) ne permet pas un apprentissage automatique. Il s'agit dans notre étude d'affiner le niveau de certitude de l'impact des indicateurs observés sur les résultats des projets.

Les caractéristiques du problème à traiter et l'ensemble des propriétés et avantages ont motivé notre choix pour la théorie des ensembles approximatifs et plus particulièrement l'approche par domination. La DRSA présente en plus des avantages de la RST plusieurs avantages (Liou and Tzeng 2010). Elle fournit non seulement des informations utiles, dans un langage commun, pour la compréhension du processus décrit par les données, mais aussi des règles pour aider à la prise de décision et permet donc une interprétation rapide des résultats. Elle est utilisée dans plusieurs domaines tels que l'intelligence artificielle, l'apprentissage automatique, le raisonnement inductif, l'aide à la décision et la recherche de tendances. Dans la suite nous exposons les fondements conceptuels de cette théorie.

### **La théorie des ensembles approximatifs : Concept mathématique**

La théorie des ensembles approximatifs (Rough Set Theory, RST) a été introduite au début des années 80 par (Pawlak 1982) pour simplifier la recherche d'attributs dominants conduisant à des propriétés ou des règles qui régissent un ensemble de données. Grâce à cette théorie, Z. Pawlak a montré que le principe d'apprentissage par l'exemple peut être formulé en se basant sur des concepts mathématiques (Yannou et al. 2008).

La philosophie de base de la théorie des ensembles approximatifs est d'associer à chaque objet d'un univers de données, un niveau d'information ou de connaissance. Les objets caractérisés par les mêmes informations disponibles sont considérés comme indiscernables.

L'indiscernabilité est liée à la granularité de la connaissance qui affecte la définition des objets de l'ensemble approximatif. La théorie RST assume que la connaissance est strictement liée à la capacité de classification de l'être humain. Cette capacité décroît quand il s'agit d'un niveau d'abstraction élevé : il s'agit de l'une des problématiques de l'aide à la

décision. Ainsi, la connaissance selon la théorie RST, est connectée à la variété des classifications dans un domaine d'intérêt.

En 2001, Greco, Matarazzo et Slowinski (Greco et al. 2001) ont introduit la notion de dominance pour étendre la théorie des ensembles approximatifs pour l'analyse de décision multicritère. L'approche résultante est appelée en anglais : Dominance-Based Rough Set Approach (DRSA). Le principal changement par rapport à la théorie de base est la substitution de la relation d'indiscernabilité par la relation de dominance pour traiter les inconsistances typiques des problématiques de décision multicritère et de préférence des attributs.

Nous présentons dans la suite un aperçu des résultats de l'extension DRSA de la théorie RST (Imai et al. 2008).

Le DRSA est appliqué sur une « table de décision » (conformément au Tableau 21) qui peut être défini par le quadruple  $A = \langle U, Q, V, f \rangle$  où :

- $U$  est l'ensemble fini des objets,
- $Q$  est l'ensemble fini des attributs,
- $V_q$  est le domaine de l'attribut  $q$ ,
- $f: U \times Q \rightarrow V$  tel que pour tout  $q \in Q$  et  $x \in U$ ,  $f(x, q) \in V_q$ ,
- $C$  contient les attributs conditionnels et  $D$  contient les attributs décisionnels avec  $Q = D \cup C$  et  $D \cap C = \emptyset$ .

Le Tableau 21 montre un exemple de « table de décision » :

$$\langle \{x_1 \dots x_n\}, \{q_1, \dots, q_j, d\}, [V_{q_1}, \dots, V_{q_j}, V_d], f \rangle$$

Chaque ligne est considérée comme une « règle de décision »

U/Q	$q_1$	$q_2$	$q_j$	$q_{j-1}$	$q_j$	$d \in \{0, 1, 2\}$ (décision)
$x_1$						0
$x_2$						1
$x_i$			$f(x_i, q_j)$			$f(x_i, d)$
$x_{n-1}$						1
$x_n$						2

**Tableau 21. Exemple de table de décision**

On définit :

La relation de sur classement «  $\succ_q$  » tel que,  $x \succ_q y \Leftrightarrow f(x, q) \geq f(y, q)$  pour  $q \in Q$  et  $x, y \in U$ .

La dominance : On dit que «  $x$  domine  $y$  » par rapport à  $P \subseteq C$ , si  $x \succ_q y$  pour tout  $q \in P$  et on va le noter «  $x D_P y$  ».

L'ensemble des objets « P-dominant » de l'objet  $x \in U$  :

$$D_P^+(x) = \{y \in U : y D_P x\}$$

L'ensemble des objets « P-dominé » par l'objet  $x \in U$  :

$$D_P^-(x) = \{y \in U : x D_P y\}$$

Dans la suite, on se limite au cas d'un seul attribut de décision  $\{d\}$ .

Le domaine de décision  $T = V_d$  est alors composé de  $n$  éléments ordonnés.

Pour tout  $t \in T$ , on définit la classe de décision :

$$Cl_t = \{x \in U : f(x, d) = t\}$$

Tout objet  $x \in U$  est assigné à une classe de décision unique.

Les classes de décision sont ordonnées selon le même ordre des éléments de  $T$  : pour tout  $r, s \in T$  tel que  $r \geq s$ , les objets de  $Cl_r$  sont strictement supérieurs (préférés) à ceux de  $Cl_s$ .

Les ensembles qui correspondent aux classes décisionnelles cumulées supérieures et inférieures sont :

$$Cl_t^{\geq} = \bigcup_{s \geq t} Cl_s \quad Cl_t^{\leq} = \bigcup_{s \leq t} Cl_s \quad t \in T$$

Nous pouvons ainsi définir les approximations basse et haute des classes décisionnelles cumulées supérieures pour chaque  $t \in T$  et pour chaque  $P \subseteq C$  :

$$\underline{P}(Cl_t^{\geq}) = \{x \in U : D_P^+(x) \subseteq Cl_t^{\geq}\}$$

$$\overline{P}(Cl_t^{\geq}) = \{x \in U : D_P^-(x) \cap Cl_t^{\geq} \neq \emptyset\}$$

De la même façon sont définies les approximations basse et haute des classes décisionnelles cumulées inférieures. Dans l'approche DRSA appliquée à la table de décision, les ensembles d'approximation sont relatifs aux unions cumulées de classes de décisions. Ils sont exprimés en termes d'ensemble d'objets « P-dominant » ou « P-dominé ».

Les ensembles frontières des classes cumulées supérieures et inférieures par rapport au sous-ensemble d'attributs  $P$  sont la différence entre l'approximation haute et basse (voir Figure 21) :

$$Bn_P(Cl_t^{\geq}) = \overline{P}(Cl_t^{\geq}) - \underline{P}(Cl_t^{\geq})$$

$$Bn_P(Cl_t^{\leq}) = \overline{P}(Cl_t^{\leq}) - \underline{P}(Cl_t^{\leq})$$

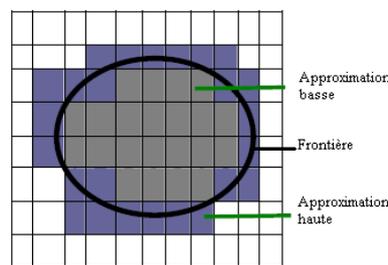


Figure 21. Exemple de représentation d'ensembles approximatifs

La qualité d'approximation de la classe de décision  $Cl$  en utilisant l'ensemble des attributs  $P \subseteq C$  est calculée par le ratio du nombre des objets correctement classifiés par le nombre total des objets dans la table de décision ( $|U|$  étant le cardinal de l'ensemble  $U$ ) :

$$\gamma_P(Cl) = \frac{|U - ((\bigcup_{t \in T} Bn_P(Cl_t^{\geq})) \cup (\bigcup_{t \in T} Bn_P(Cl_t^{\leq})))|}{|U|}$$

Le résultat final d'application de l'approche DRSA est la détermination des :

- **Ensembles réduits (RED)** : il s'agit de sous-ensembles d'attributs « importants » qui permettent de classer tous les objets avec la même qualité d'approximation que l'ensemble original des attributs. Les ensembles réduits sont composés des attributs qui offrent la meilleure précision pour discerner les classes d'objet en écartant les attributs superflus. Dans l'exemple de la table de décision détaillée dans le Tableau 21,  $\{q_1, q_2\}$  est un ensemble réduit si ces attributs assurent la même classification de tous les objets  $\{x_1, \dots, x_n\}$  que l'ensemble des attributs  $\{q_1, \dots, q_j\}$ .

- **Ensemble noyau (CORE)** : il peut y avoir plusieurs ensembles réduits pour une table de décision. Leur intersection est appelée le noyau des attributs (aussi noté CORE), et représente les attributs les plus importants car aucun de ces éléments ne peut être enlevé sans réduire la qualité de la classification.

- **Règles de décision** : sur la base des approximations des classes de décision, il est possible de généraliser les informations contenues dans la table de décision sous la forme de règles qui expriment une dépendance entre un sous-ensemble des attributs conditionnels réduits et la décision. Nous pouvons distinguer trois types de règles de décision : certaines, possibles ou approximatives. Les règles certaines sont générées par l'approximation basse et s'expriment sous la forme :

- Si  $f(x, q_1) \geq r_1, f(x, q_2) \geq r_2$  et  $\dots f(x, q_p) \geq r_p$  alors  $x \in Cl_i^{\geq}$
- Si  $f(x, q_1) \leq r_1, f(x, q_2) \leq r_2$  et  $\dots f(x, q_p) \leq r_p$  alors  $x \in Cl_i^{\leq}$

Les règles possibles sont générées par les approximations hautes et les règles approximatives par les ensembles frontières. Dans l'exemple de la table de décision détaillée dans le Tableau 21, une règle certaine peut être sous la forme : Si  $f(x, q_1) \geq r_1, f(x, q_2) \geq r_2$  et  $\dots f(x, q_p) \geq r_p$  alors « la décision est  $\geq 1$  »

## 5.2. Les résultats expérimentaux : exposé et interprétation

Les données traitées et structurées ont été analysées en utilisant deux approches. La première est une approche comparative descriptive. Elle a pour objectif d'identifier les invariants du processus de transfert de technologie. La deuxième est une approche multicritère basée sur la théorie des ensembles approximatifs (rough sets). Cette dernière approche a pour objectif de valider une partie des résultats obtenus par l'approche comparative.

### 5.2.1. Résultats obtenus grâce à l'approche comparative

Dans cette partie, nous présentons les invariants et les sources de variabilité identifiées sur la base de constats établis en analysant les données structurées récoltées grâce à l'application du modèle à cinq phases (vision processus), aux indicateurs et à l'étude de la dominance. L'analyse des données récoltées grâce à la participation directe aux cinq projets nous a permis de collecter des éléments clefs. Pas moins de 44 constats ont été récoltés qui ont permis d'établir 12 invariants. Le Tableau 22 est une liste synthétique de l'ensemble des constats et des invariants. Dans la suite, nous détaillons les données qui ont permis d'établir ces résultats.

Techniques de traitements	Constats	Invariants / variants
Application du modèle à cinq phases	<p>Cg. 1. Les séquences de phases sont différentes d'un projet à l'autre.</p> <p>Cg. 2. La limite entre les étapes du modèle de TT n'est pas toujours claire.</p> <p>Cg. 3. Des échanges extra-projet enrichissent le débat.</p> <p>Cg. 4. La durée des phases varie d'un projet à l'autre.</p>	<p>Invariant N° 1. Le processus de transfert n'est pas un processus linéaire unique. La combinaison et la durée de chaque phase du modèle ne sont pas fixes. Elle est fonction de la complexité de la pièce réalisée. La phase « Contact / Niveau de confiance » est généralement plus longue lors du premier projet. Cette phase est plus brève s'il y a un historique de collaboration entre les parties prenantes.</p> <p>Invariant N° 2. Les échanges dans un projet de TT dépassent le cadre du projet qui implique les acteurs. Le projet de transfert de technologie devient un lieu d'échange sur les problématiques du moment des acteurs. Ceci conforte la vision du projet de transfert en tant qu'entreprise virtuelle.</p>
Analyse des indicateurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Etude de la forme de l'échange</b></li> </ul> <p>Cg. 5. La réunion est la forme d'échange privilégié dans le cadre du processus de transfert.</p> <p>Cg. 6. Chaque projet utilise différemment les formes d'échange.</p> <p>Cg. 7. Le nombre de cadres impliqués influe sur la forme de l'échange.</p>	<p>Invariant N° 3. La forme de l'échange est corrélée au nombre de cadres impliqués dans le projet. Plus le nombre de cadres augmente et plus les échanges s'orientent vers la forme électronique.</p> <p>Invariant N° 4. Le TT est un processus qui privilégie le contact Humain. Dans le cadre de ce genre de processus comme dans d'autres formes de processus d'innovation la notion de confrontation est essentielle. Ceci conforte l'importance des facteurs de succès liés à la dimension humaine.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Etude des facteurs de succès appartenant à la famille « environnement »</b></li> </ul> <p>Cg. 8. Les subventions sont un moteur pour la formalisation des objectifs projets.</p> <p>Cg. 9. Le contexte économique et l'obtention d'une subvention influencent le succès du TT.</p> <p>Cg. 10. L'existence d'un market-pull influe sur le succès de TT.</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Etude des facteurs de succès appartenant à la famille « humain »</b></li> </ul> <p>Cg. 11. L'implication du décideur est un facteur de succès.</p> <p>Cg. 12. L'existence d'un leadership influe sur le succès de TT.</p> <p>Cg. 13. Le nombre de cadres impliqués influe sur le succès de TT.</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Etude des facteurs de succès appartenant aux familles « organisation et méthodes » et « technologie »</b></li> </ul> <p>Cg. 14. Le TT est un processus où chaque partie prenante enrichit ses connaissances de base et améliore ses pratiques.</p> <p>Cg. 15. La formalisation du TT comme objectif est un facteur de succès.</p>	

	<p>Cg. 16. La formation comme mécanisme de TT est un facteur de succès. Co. 1. Faire un planning du projet n'est pas un réflexe.</p>	
	<p>• <b>Etude des facteurs de succès appartenant à la famille « produit »</b> Cg. 17. La complexité des pièces augmente le nombre d'objets de transfert. Cg. 18. Les caractéristiques de la pièce influencent la séquence des phases dans le projet de TT.</p>	<p>Invariant N° 5. Le transfert de technologie est une construction entre les différents acteurs impliqués. Cette construction nécessite du temps. La durée d'un projet de transfert est mesurée en mois voire en années. Elle varie entre 3 et 24 mois avec une moyenne des durées des projets observés de 14 mois. Invariant N° 6. La complexité et le nombre d'objets intermédiaires de transfert produits dans un projet de TT sont corrélés : plus la complexité augmente plus le nombre d'OIT augmente.</p>
	<p>• <b>Etude de la dynamique de l'échange</b> Cg. 19. La dynamique d'échange dépend du niveau de matérialisation (<math>\pi</math> : nombre d'OIT par mois) et du nombre de réunions par mois (<math>\alpha</math>). Cg. 20. Le taux de matérialisation est un indicateur incontournable.</p>	<p>Invariant N° 7. Le succès est lié au nombre d'objets intermédiaires de transfert produits. En effet, ces objets concrétisent l'avancement du projet réalisé grâce aux échanges entre les acteurs. Il est important de se voir pour échanger. Cependant, la multiplication des réunions n'est pas une garantie de l'efficacité. Il faut donc être vigilant au rythme d'échange et à la productivité lors de l'échange. Le succès réside alors dans un compromis : il faut se voir mais se voir pour produire ensemble efficacement.</p>
Analyse du contenu et de la dominance	<p>Cs. 1. La famille de sujets « marché » est dominée par la PME. Cs. 2. La famille de sujets « Environnement / Ecologie » n'est pas récurrente. Cs. 3. La PME domine les échanges dans la famille de sujets « Activité / Produit ». Cs. 4. La PME domine les échanges dans la famille de sujets de la « Qualité » (dans quatre projets sur cinq (4/5) la PME domine, pour un projet sur cinq (1/5) pas de dominance). Cs. 5. La structure experte est dominante dans la famille de sujets « Technique / Technologie » (quatre projets sur cinq). Cs. 6. La famille de sujets « Sécurité » semble ne pas être prioritaire (abordée dans un seul projet sur les cinq étudiés). Cs. 7. La famille de sujets « Coût » est un sujet discuté par les deux parties prenantes. Cs. 8. La famille de sujets « Confidentialité / Propriété intellectuelle » est peu abordée. Cs. 9. Les échanges qui portent sur la famille de sujets « Organisation et production » ne présentent pas de dominance. Cs. 10. La famille de sujets « Expertise générale » n'a pas été abordée. Cs. 11. Les échanges qui portent sur la famille de sujets « Expertise personnalisée » ne présentent pas de dominance (quatre sur cinq des projets observés). Cs. 12. La dominance semble corrélée à la complexité de la pièce.</p>	<p>Invariant N° 8. Le transfert de technologie est une construction. La structure experte domine l'échange principalement dans les sujets « Technique / Technologie ». La PME domine les échanges principalement dans les sujets « Marché », « Activité / Produit » et « Qualité ». Il y a égalité dans l'échange dans les sujets « organisation et production », « coût » et « expertise personnalisée ». Aucune partie ne monopolise vraiment le processus de production de connaissances. Il y a une démarche de réelle construction où chacun apprend de l'autre au service d'un but commun qui est la résolution d'un problème technique. Invariant N° 9. La dominance de l'entreprise est corrélée à la complexité de pièces fabriquées et à son niveau technologique : plus les pièces fabriquées par l'entreprise sont complexes, plus la culture technologique et la capacité de la PME à participer à l'expertise de sa propre problématique est grande.</p>

<p>Analyse des Objets Intermédiaires de Transfert (Approche matérielle)</p>	<p>Co. 2. Les catégories d'objets les plus présentes sont : « Pièces » et « Proposition technique / contrat ».</p> <p>Co. 3. Il existe des OIT présents dans tous les projets observés : « Propositions techniques », « Pièces à analyser » et « Rapports d'essais ».</p> <p>Co. 4. La problématique de la propriété intellectuelle n'est pas figée. Elle évolue avec l'avancement du projet.</p> <p>Co. 5. Les objets appartenant à la catégorie « Proposition technique / Contrat » apparaissent à la fin de la phase « Prospection » ou au début de la phase « Développement ».</p> <p>Co. 6. La catégorie « Pièces » est présente dans tous les projets observés.</p> <p>Co. 7. La catégorie « Plans / Nomenclatures » semble réservée aux projets qui portent sur des pièces dont le brasage n'est possible ou de meilleur rendu qu'en modifiant la conception de la pièce qui génère de nouveaux plans et nomenclatures.</p> <p>Co. 8. Les OIT appartenant à la catégorie « Croquis » semblent avoir un rôle dans la communication.</p> <p>Co. 9. Les objets appartenant à la catégorie « Doc. définition et/ou synthèse » peuvent apparaître à chaque phase du projet.</p> <p>Co. 10. La complexité de la pièce est un facteur qui favorise l'apparition de la catégorie « Relevé de mesures ».</p> <p>Co. 11. Dans un processus de transfert la catégorie « Photos » est un outil d'analyse.</p> <p>Co. 12. La catégorie « Doc. de travail » apparaît principalement dans la phase « Essais » (trois projets sur cinq observés) et « Adoption ».</p>	<p>Invariant N° 10. Le niveau de formalisme de l'entreprise influe sur la nature des objets intermédiaires de transfert produits dans le projet. De même, la complexité de la pièce à concevoir est une variable influente.</p> <p>Invariant N° 11. Certains OIT semblent être des objets clefs. En particulier, les propositions techniques, les pièces à analyser et les rapports d'essais apparaissent systématiquement dans tous les projets observés. Ces objets sont des invariants <b>matériels</b>.</p> <p>Invariant N° 12. Le processus d'apparition des OIT est non linéaire. En effet, le suivi des objets les uns par rapport aux autres n'est pas stable. On peut par exemple avoir des pièces fabriquées et testées avant l'élaboration des plans correspondants et vice versa.</p>
---	--	---

**Tableau 22. Tableau récapitulatif des constats et invariants établis par technique de traitement**

### *5.2.1.1. Application du modèle à cinq phases*

- *Entreprise A*

#### Objectifs

L'entreprise réalise des boîtiers de refroidissement pour l'électronique de puissance et des assemblages brasés pour l'aéronautique et le spatial (guide d'ondes). Elle souhaite changer de technologie d'assemblage afin d'en réduire les coûts de fabrication, pour ses produits à faible valeur ajoutée (plaques d'échange) : des plaques de refroidissement de géométrie simple et dont la configuration se prête au brasage sous vide. Ce travail constitue la partie à court terme du projet de l'entreprise. La partie à long terme consiste à braser sous vide des pièces de géométrie plus complexe (brasage en 3D).

#### Type de brasage

L'assemblage des plaques d'échange est réalisé par brasage en **bain de sel** et nécessite une opération de parachèvement (suppression des sels de brasage) qui s'avère compliquée et coûteuses. Pour supprimer cette opération et rester compétitive, la société s'est orientée vers du **brasage sous vide**. L'entreprise maîtrise parfaitement le brasage en bain de sel. Elle pratique également le brasage par induction mais n'a pas d'expérience en brasage sous vide.

#### Stratégie de transfert

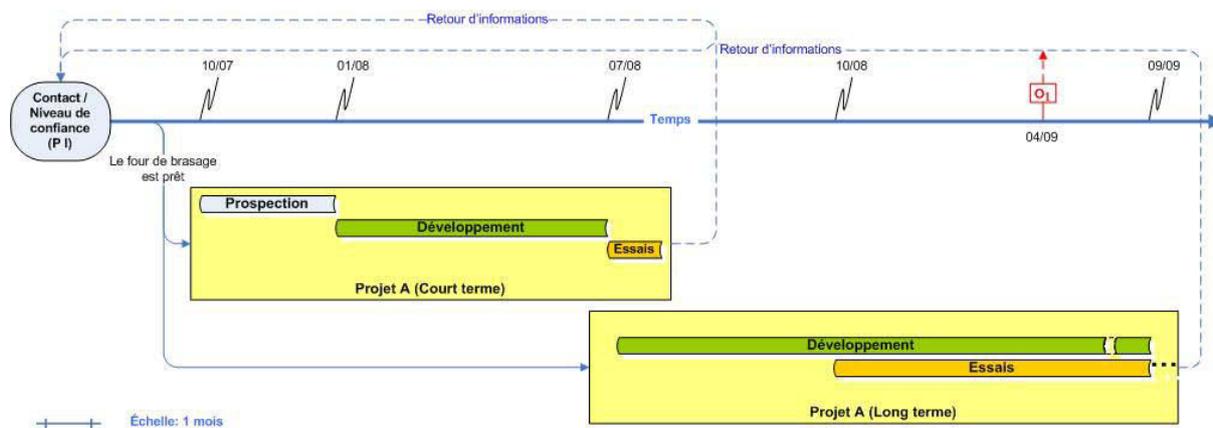
Les objectifs du projet ont été fixés dès le début de l'étude. L'entreprise a contacté le CM2T avec des objectifs clairs et un échéancier précis.

#### Déroulement du projet

Durant ce projet, les acteurs ont exploré la possibilité de changer les matériaux de base des composants dans le but d'améliorer la brasabilité. En plus d'un protocole de brasage, un protocole expérimental a été mis au point pour tester plusieurs matériaux. Un outillage adapté a été mis au point pour l'opération de brasage. La Figure 22 illustre l'application du modèle au projet A. Dans la partie court terme, la phase « Essais » s'est déroulée avec succès mais l'entreprise n'a pas souhaité passer à la phase « Adoption » car elle a pris du retard sur l'investissement dans un four de brasage sous vide à travers une alliance avec une entreprise marocaine. Les phases « Développement » et « Essais » ont été menées en parallèle. En effet, chaque modification sur la pièce est testée pour validation. Les tests ont été effectués sur des pièces réelles car le coût des pièces était acceptable (5000 à 10000€).

Le projet est porté par un besoin industriel de l'entreprise. Une dynamique d'échange régulière a été observée (une réunion tous les deux mois). La PME a imposé cette dynamique. En effet, 23 contacts sur 37 (23/37) tous types confondus et six sur dix (6/10) des réunions sont déclenchés par l'entreprise.

Les points forts de ce projet sont principalement une définition claire par la PME des objectifs au niveau stratégique et organisationnel dès le début du projet, ainsi qu'une forte implication du PDG qui a assisté en totalité ou partie à cinq sur dix (5/10) des contacts directs.



Oi : échange extra-projet N°i. Un échange extra-projet est une collaboration formalisée par un contrat ou pas qui n'a pas de relation avec le projet principal mais que les parties prenantes du projet évoquent lors des réunions de travail.

**Figure 22. Organisation des phases de transfert dans le projet A**

### Résultats finaux

L'entreprise a déposé un dossier FRIL (Fonds Régional pour l'Innovation en Lorraine) pour financer ce projet. L'entreprise a obtenu le financement. L'investissement dans un four de brasage sous vide est en cours de finalisation. Le CM2T a participé au processus de sélection des critères de ce four pour réaliser les pièces appartenant au projet à court terme. Pour le projet à long terme, les premiers essais sont concluants mais il reste des difficultés techniques et de certification à surmonter. Ce projet est à ce jour encore actif. La PME a signé avec la structure experte un contrat cadre de la valeur de 15000€ par an.

- **Entreprise B**

#### Objectifs

Le montage et l'optimisation d'un atelier de brasage par induction qui fabrique des pièces de rechange agricoles chargées en carbure tungstène.

#### Type de brasage

L'entreprise pratique le brasage par induction mais d'une manière non optimisée.

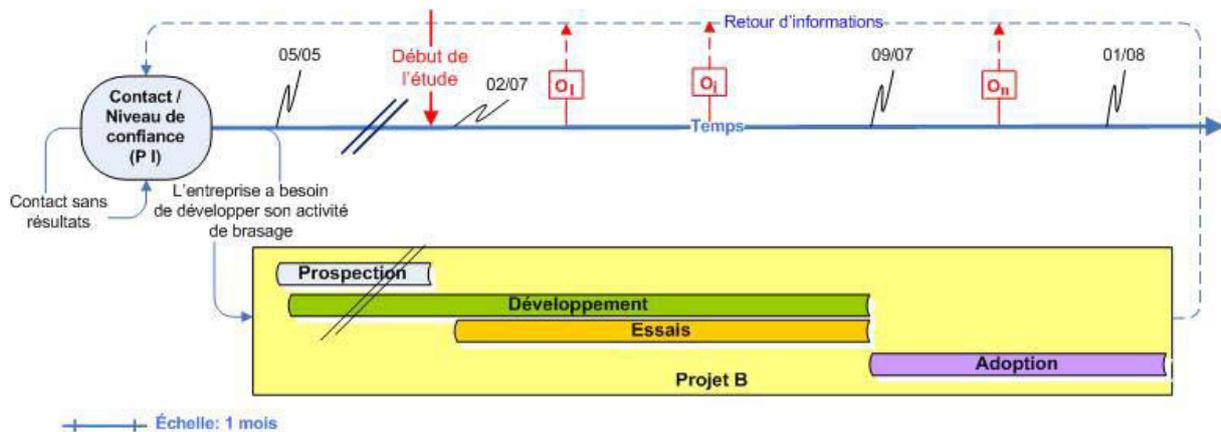
#### Stratégie de transfert

Le transfert a été un objectif dès le départ mais il n'y a pas eu de définition stratégique claire de la part de l'entreprise.

#### Déroulement du projet

Ce projet a commencé avant le démarrage de notre partie expérimentale. En effet, il a fait partie des entreprises identifiées par une étude exploratoire commanditée par les pouvoirs publics. Cette étude avait pour objectif de valider la pertinence de promouvoir la technologie de brasage. Le projet a comporté des activités visant à optimiser le coût de la brasure grâce à une reconception des assemblages et à une remise en question du protocole de brasage : passage au brasage avec des alliages à base de cuivre à la place des bases argent, réduction du coût de la matière première en réduisant les épaisseurs des plaquettes de carbure. Des efforts au niveau commercial ont été déployés pour mettre en valeur le savoir-faire technologique acquis.

La Figure 23 illustre l'application du modèle au projet B. Les phases « Développement » et « Essais » ont été menées en parallèle car les pièces sont à faible valeur ajoutée. En termes d'implication dans le projet, seul un quart (1/4) des contacts directs a été provoqué par le décideur.



O<sub>i</sub> : échange extra-projet N<sup>o</sup>i. Un échange extra-projet est une collaboration formalisée par un contrat ou pas qui n'a pas de relation avec le projet principal mais que les parties prenantes du projet évoquent lors des réunions de travail.

Figure 23. Organisation des phases de transfert dans le projet B

### Résultat Final

Le projet a confirmé l'existence d'un marché potentiel pour les pièces de rechange rechargées en carbure. Le savoir-faire acquis lors de ce projet a été exploité grâce à la création d'une spin-off.

#### • *Entreprise C*

### Objectifs

L'entreprise rencontre, pour certaines séries d'outils de coupe, des problèmes de fabrication et plus particulièrement des problèmes de casse lors des opérations d'assemblage des plaquettes de carbure sur les outils de coupe. L'entreprise a souhaité optimiser l'opération de brasage pour des raisons de compétitivité.

### Type de brasage

L'entreprise possède deux postes à induction. Elle brase à l'argent. L'installation est bien aménagée et isolée du reste de l'atelier.

### Stratégie de transfert

Les objectifs du projet n'ont pas été fixés dès le début de l'étude. L'entreprise est plus dans une logique de prestation de service que d'une démarche construite de TT. Le TT a été un résultat induit d'une multitude de collaborations et de la volonté de l'expert en brasage d'inscrire ces collaborations dans une véritable démarche d'amélioration de la qualité de brasage.

### Déroulement du projet

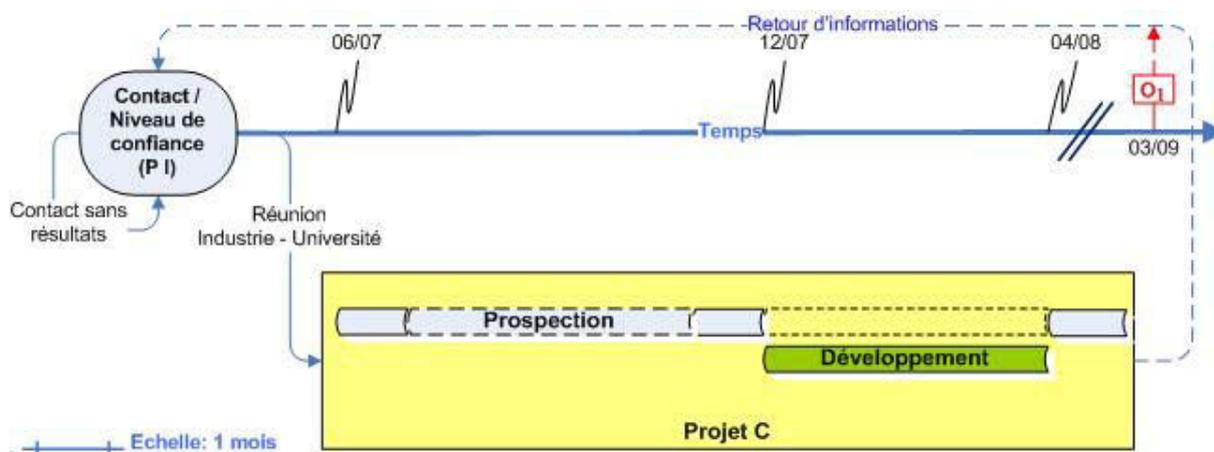
Ce projet s'est déroulé en trois temps. D'abord une analyse déflectuologique sur la nature de la rupture constatée sur les outils. Ensuite, une caractérisation de la qualité

métallurgique des éléments utilisés pour réaliser ces outils (caractérisation microstructurale du carbure, du substrat, du joint brasé et de l'insert) a été menée. Enfin, un suivi de fabrication a été réalisé, ceci depuis la préparation des éléments à assembler jusqu'à leur parachèvement. Cette démarche vise à identifier les paramètres process qui auraient pu conduire ou favoriser cette rupture.

La Figure 24 illustre l'application du modèle au projet C. Une alternance entre la phase « Prospection » et « Développement » liée à des temps d'arrêt longs du projet a été observée. La phase « Essais » n'est pas apparue car l'entreprise était dans une démarche de recherche de la cause d'une non qualité et non de proposer une solution de rechange. La phase « Adoption » n'a pas été atteinte.

Le projet est impulsé par le CM2T. En effet, seulement deux sur douze des échanges (tous contacts confondus) et deux sur neuf (2/9) des échanges directs ont été impulsés par l'entreprise.

Le projet est caractérisé par des contacts très irréguliers. La non implication ou l'implication très partielle du décideur semble influencer fortement sur la dynamique du projet. Le PDG qui a été à l'origine du contact avec le CM2T a participé à une seule réunion sur les 9 qui ont eu lieu.



O<sub>i</sub> : échange extra-projet N<sup>o</sup>i. Un échange extra-projet est une collaboration formalisée par un contrat ou pas qui n'a pas de relation avec le projet principal mais que les parties prenantes du projet évoquent lors des réunions de travail.

Figure 24. Organisation des phases de transfert dans le projet C

### Résultats Finaux

Le projet n'a pas abouti pour des raisons internes dont le manque d'implication du décideur et externes. L'entreprise a été touchée par la crise mondiale de (2007-2010). La baisse d'activité du secteur automobile a fait chuter les commandes d'outils d'usage. L'entreprise a eu recours au chômage technique et a fait un plan de licenciement.

- **Entreprise D**

### Objectifs

L'entreprise souhaite s'engager sur un projet de développement porté par un grand donneur d'ordre national. L'objectif de ce projet « CONFORTH » est de réaliser un montage

représentatif d'un moteur de fusée de type Vulcain pour étudier les échanges thermiques aux parois dans des conditions extrêmes (3650°K et 70 bar). Pour mesurer les flux thermiques, environ 200 thermocouples de 0.5 mm implantés au niveau des parois, mais également au sein des circuits de refroidissement, ont été prévus. L'entreprise D a fait appel au CRITT METALL 2T afin de prendre en charge les opérations d'assemblages (au four) et apporter un soutien scientifique et technique dans la réalisation de ce projet.

### **Type de brasage**

L'entreprise ne brase pas. Elle sous-traite les opérations en cas de besoin mais elle souhaite acquérir des connaissances sur le brasage pour pouvoir postuler, éventuellement en partenariat avec un brasseur, pour des projets technologiquement complexes en la matière.

### **Stratégie de transfert**

Les objectifs du projet ont été fixés dès le début de l'étude.

### **Déroulement du projet**

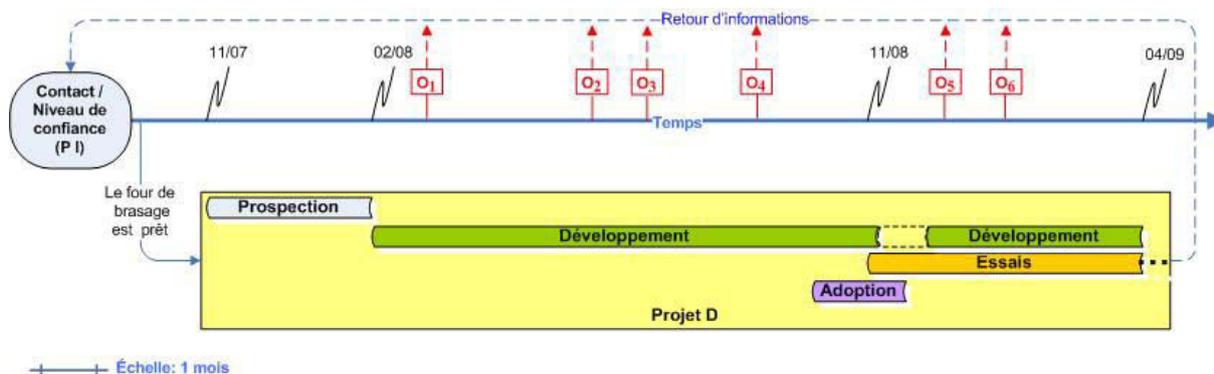
Ce projet s'est déroulé en quatre temps avec d'abord une étude qui vise à caractériser la brasabilité des matériaux de base utilisés suivi d'une étude qui a pour but la caractérisation de la configuration des assemblages. Ensuite, des pièces d'essai ont été réalisées pour valider les choix technologiques effectués. Enfin, le brasage des pièces réelles a été réalisé.

La Figure 25 illustre l'application du modèle au projet D. La phase « Développement » a été longue. En effet, une expérimentation a été mise en œuvre pour valider des choix dans le procédé et les moyens de brasage. La phase « Développement » a continué pendant la phase « Essais ». Ceci est dû à la multitude de pièces (chaque pièce est unique en termes de conception et matière) réalisées en parallèle. Pendant que les tests sur la pièce N sont effectués, le développement est en cours sur la pièce N+1. La phase « Essais » s'est déroulée sur des pièces d'essais (pièces réelles simplifiées) pour des raisons économiques.

Une dynamique d'échange régulière a été observée : environ une réunion par mois et neuf contacts par mois (tous contacts confondus). Le projet est porté par un besoin industriel. Ainsi, neuf sur quatorze (9/14) des réunions sont déclenchées par l'entreprise.

Une multitude d'échanges extra-projet a été observée. Ceci a contribué à renforcer la relation de collaboration entre les différents acteurs du projet.

Les points forts de ce projet sont principalement une définition claire dès le début du projet et par la PME des objectifs au niveau opérationnel. De plus, on note une implication du PDG (il a assisté à tout ou partie des cinq des quatorze contacts directs (5/14)). De plus, avant de collaborer, l'entreprise a cherché à identifier plusieurs partenaires potentiels et les a comparés pour retenir l'expert du TT. Ceci facilite la confiance mutuelle a posteriori.



O<sub>i</sub> : échange extra-projet N°i. Un échange extra-projet est une collaboration formalisée par un contrat ou pas qui n'a pas de relation avec le projet principal mais que les parties prenantes du projet évoquent lors des réunions de travail.

**Figure 25. Organisation des phases de transfert dans le projet D**

### **Résultats finaux**

L'entreprise a déposé un dossier FRIL (Fonds Régional pour l'Innovation en Lorraine) pour financer des travaux de développement sur la brasabilité de TCs. L'entreprise a obtenu le financement. Les premières pièces réelles ont été instrumentées avec succès.

- ***Entreprise E***

### **Objectifs**

L'entreprise rencontre des difficultés pour réaliser un assemblage brasé à la flamme. Le projet a consisté en une étude de brasabilité au chalumeau au laboratoire et à effectuer ensuite le transfert du savoir-faire technologique à la PME.

### **Type de brasage**

L'entreprise pratique le brasage à la flamme.

### **Stratégie de transfert**

Les objectifs du projet ont été fixés dès le début de l'étude.

### **Déroulement du projet**

Le projet a soulevé des problèmes de préparation de surface avant brasage. Un protocole de préparation et nettoyage de surface a été mis en place par l'expert pour l'entreprise et a réalisé une démonstration de la démarche à suivre.

La Figure 26 illustre l'application du modèle au projet E. Les phases « Développement » et « Essais » sont menées en parallèle. La phase « Développement » a été très basique du fait de la simplicité du problème. On peut même la qualifier d'analyse plus que de vrai développement. La phase « Adoption » est atteinte.

Une forte implication du décideur (directeur technique) a été observée. En effet, il a assisté à la totalité des contacts directs (2/2). L'entreprise est familiale (2 frères : directeur technique et directeur financier).

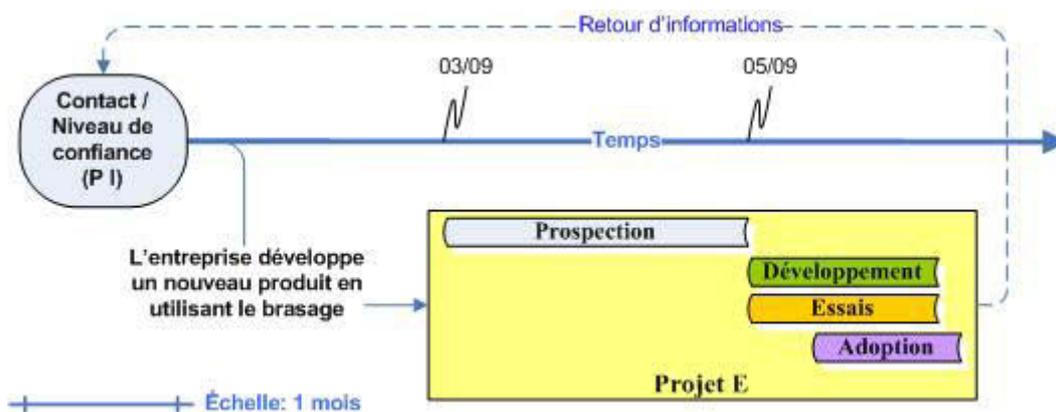


Figure 26. Organisation des phases de transfert dans le projet E

### Résultats finaux

L'entreprise a intégré la méthode de préparation avant le brasage et pris conscience de l'importance de la phase de préparation dans le processus d'assemblage.

#### *5.2.1.2. Interprétation de l'application du modèle à cinq phases*

L'analyse de l'application des modèles à cinq phases a permis de mettre en évidence les constats (Cg) suivants :

#### **Cg. 1. Les séquences de phases sont différentes d'un projet à l'autre.**

L'analyse de l'application du modèle à cinq phases aux projets observés montre que la combinaison des phases du projet change. Dans les cinq études de cas observées, aucune règle n'émerge dans l'ordre des phases. On note que la phase « essais » peut être avancée dans le processus de transfert avant même que la phase de « développement » ne soit finalisée. De plus, toutes les phases ne sont pas forcément présentes dans un projet. Par exemple le projet C n'a pas mobilisé de phase « essai ». Mener en parallèle les phases « essais » et « développement » accélère le processus et rend plus robustes les choix techniques. Mais ceci est facilité par l'accès rendu aisé aux installations expérimentales grâce aux aides publiques.

#### **Cg. 2. La limite entre les étapes du modèle de TT n'est pas toujours claire.**

Il est difficile d'associer à une phase unique la réalisation d'un OIT ou d'une tâche lors d'une séance de travail collectif. En effet, il existe des objets ou des sujets communs à plusieurs phases du modèle. Par exemple, la présence de pièces à analyser laisse penser que la phase de « développement » est active mais les discussions observées conduisent aussi à des décisions sur la future fabrication de l'objet. On peut donc associer la pièce à la phase « adoption ». De plus, il peut y avoir des phases menées en parallèle.

#### **Cg. 3. Des échanges extra-projet enrichissent le débat.**

Des échanges hors projet viennent s'ajouter au processus strict de TT. Dans les projets A, B, C, D, il existe des échanges extra-projets (conformément aux figures de description de l'organisation des étapes de transfert pour les projets observés à savoir la Figure 22, Figure 23, Figure 24, Figure 25 et la Figure 26). Ces échanges peuvent prendre une forme officieuse (conseils pour une brochure marketing, l'explication des phénomènes métallurgiques, etc.) ou une forme plus formelle (demande d'analyse de défauts, sous-traitance de brasage au four dans quatre projets sur cinq (A, B, C, D). Seul, dans le projet E qui a été très basique et très

court dans le temps (3 mois), nous n'avons pas vu apparaître des échanges extra projet. Cette courte durée n'a pas permis d'établir une vraie relation de confiance.

#### **Cg. 4. La durée des phases varie d'un projet à l'autre.**

Nous avons aussi constaté que la longueur des étapes du projet TT est différente : par exemple dans le projet D la phase « Développement » a continué pendant la phase « Essais » pour durer plus d'une année. Alors que dans le projet A (court terme), il n'y a pas eu de phase menée en parallèle et la phase développement n'a duré que 6 mois. De plus, la phase « Contact / Niveau de confiance » varie en fonction de l'historique des échanges entre les acteurs. Cette phase est plus brève s'il y a un historique de collaboration positif entre les parties prenantes. Le cas du projet A le confirme. En effet, la phase « Contact / Niveau de confiance » est quasi absente dans le projet long terme car la collaboration dans le cadre du projet court terme était très récente et le jeu d'acteur est le même dans les deux projets.

#### **Invariants**

En se basant sur les constats établis grâce à l'analyse de l'application du modèle à cinq phases, deux invariants ont été identifiés :

**Invariant N° 1.** Le processus de transfert n'est pas un processus linéaire unique. La combinaison et la durée de chaque phase du modèle ne sont pas fixes. Elle est fonction de la complexité de la pièce réalisée. La phase « Contact / Niveau de confiance » est généralement plus longue lors du premier projet. Cette phase est plus brève s'il y a un historique de collaboration entre les parties prenantes.

**Invariant N° 2.** Les échanges dans un projet de TT dépassent le cadre du projet qui implique les acteurs. Le projet de transfert de technologie devient un lieu d'échange sur les problématiques du moment des acteurs. Ceci conforte la vision du projet de transfert en tant qu'entreprise virtuelle.

#### ***5.2.1.3. Analyse des indicateurs***

- **Etude de la forme de l'échange**

L'étude des données récoltées grâce aux indicateurs qui précisent la forme des échanges a permis d'établir les constats suivants.

#### **Constats**

#### **Cg. 5. La réunion est la forme d'échange privilégié dans le cadre du processus de transfert.**

La répartition des échanges selon leur forme montre que, malgré l'évolution des moyens de communication, le processus de transfert de technologie privilégie l'échange direct (réunion). En effet, la moyenne d'échange direct est de 45,3% (voir Tableau 24). De plus, la proportion d'échanges directs est supérieure à 25% dans 4 projets sur cinq (voir Figure 27). Dans le projet D, il y a eu 14 réunions (voir Tableau 23) mais l'éloignement géographique (un des partenaires n'est pas sur la région lorraine) et la complexité du projet (multi-acteurs) ont imposé un suivi régulier grâce aux échanges par e-mails (105 E-mails sur 18 mois).

Le Tableau 23 (en nombre unitaire) et la Figure 27 (en pourcentage) donne la répartition des échanges par forme pour chaque projet observé. Le Tableau 24 souligne les valeurs remarquables de la répartition des échanges par forme. Il donne la dispersion des échanges par forme grâce au calcul de l'étendue.

Entreprise	Echange direct <sup>7</sup>	E-mail	Téléphonique	Courrier postal <sup>8</sup>	Total général par Entreprise (N <sub>T</sub> )
A	10	17	9	4	40
B	4	0	0	2	6
C	9	2	1	0	12
D	14	105	25	0	144
E	2	0	0	1	3
<b>Total général</b>	39	124	35	7	205

Tableau 23. Répartition des échanges par forme.

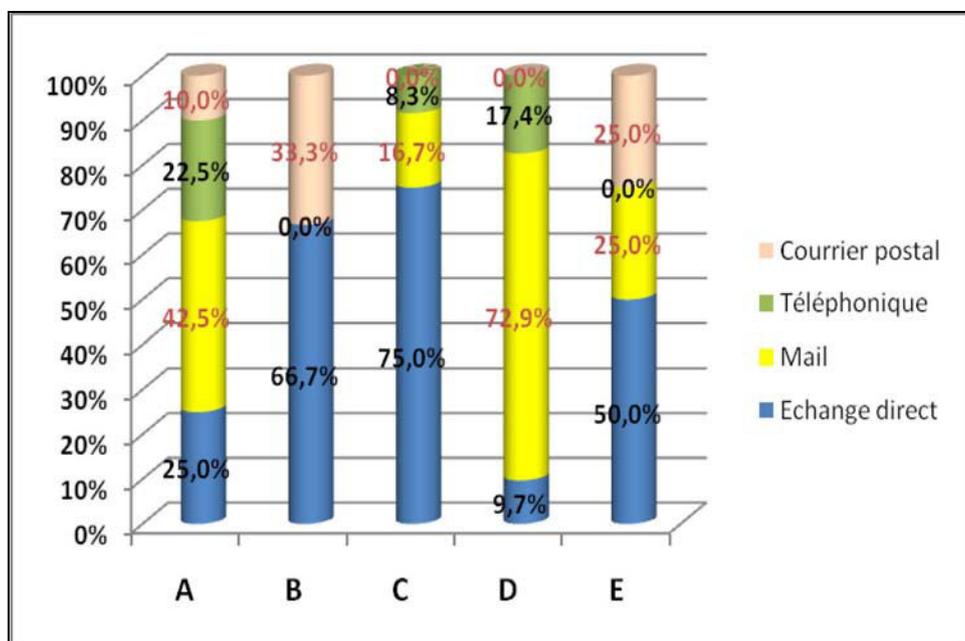


Figure 27. Répartition des échanges par forme en %

Entreprise	Echange direct	E-mail	Téléphonique	Courrier postal
<b>Moyenne (des projets observés)</b>	45,3%	31,4%	9,6%	13,7%
<b>Valeur maximale</b>	75,0%	72,9%	22,5%	33,3%
<b>L'étendue</b>	65,3%	72,9%	22,5%	33,3%

Tableau 24. Les valeurs remarquables de la répartition des échanges par forme en %.

### Cg. 6. Chaque projet utilise différemment les formes d'échange.

Nous constatons une grande dispersion dans la répartition des formes d'échanges. Visiblement, chaque projet utilise différemment les moyens de communication en fonction de son contexte. Par exemple, D a privilégié un échange intense par mail pour lever l'obstacle de la complexité des pièces à réaliser et de l'éloignement géographique. E a privilégié l'échange direct du fait de la simplicité du projet et de la proximité des partenaires.

<sup>7</sup> Un échange direct est une réunion où les différents acteurs se rencontrent autour d'une table.

<sup>8</sup> Un courrier postal est défini comme échange de documents écrits. Les colis comportant des pièces sont exclus de cette catégorie.

### Cg. 7. Le nombre de cadres impliqués influe sur la forme de l'échange.

Nous avons constaté que plus le nombre de cadres impliqués dans le projet augmente et plus l'échange s'oriente vers les échanges électroniques conformément au Tableau 25.

	1 <sup>er</sup> moyen d'échange	2 <sup>ème</sup> moyen d'échange	BE*	N <sub>c</sub> **
<b>A</b>	E-mail	Echange direct	Oui	2
<b>B</b>	Echange direct	Courrier postal	Oui	2
<b>C</b>	Echange direct	E-mail	Oui	1
<b>D</b>	E-mail	Téléphone	Oui	4
<b>E</b>	Echange direct	Courrier postal / Téléphone	Non	1

\*BE : l'existence d'un Bureau d'Etudes

\*\*N<sub>c</sub> : nombre de cadres prenant partie dans le projet

**Tableau 25. Relation entre nature de l'échange et organisation interne de la PME**

### Invariants

**Invariant N° 3.** La forme de l'échange est corrélée au nombre de cadres impliqués dans le projet. Plus le nombre de cadres augmente et plus les échanges s'orientent vers la forme électronique.

**Invariant N° 4.** Le TT est un processus qui privilégie le contact Humain. Dans le cadre de ce genre de processus comme dans d'autres formes de processus d'innovation la notion de confrontation est essentielle. Ceci conforte l'importance des facteurs de succès liés à la dimension humaine.

- **Etude des facteurs de succès appartenant à la famille « environnement »**

Le Tableau 26 montre la valeur des indicateurs qui permettent de décrire l'environnement du projet.

	Secteur d'activité	S*	I <sub>c</sub> **	N <sub>p</sub> ***	M <sub>p</sub> ****	Résultat final <sup>9</sup>
<b>A</b>	Aérospatiale	Conséquente	Non	2 (3)	Oui	Succès total
<b>B</b>	Outil agricole	Modeste	Oui	2	Non	Succès partiel
<b>C</b>	Mécanique	Non	Oui	2	Non	Echec
<b>D</b>	Aéronautique	Conséquente	Non	3	Oui	Succès total
<b>E</b>	Mécanique	Modeste	Non	2	Oui	Succès total

\*S : est-ce que la PME a bénéficié de subvention dans ce projet ou pas ?

\*\*I<sub>c</sub> : influences de la crise financière mondiale (2007-2010) sur le projet.

\*\*\*N<sub>p</sub> : nombre de parties prenantes dans le projet.

\*\*\*\*M<sub>p</sub> : l'existence d'un market pull (pression du client final).

**Tableau 26. Valeurs des indicateurs relatifs à l'environnement du projet**

<sup>9</sup> Comme nous l'avons précisé dans le paragraphe 5.1.1, dans le cadre de ce travail, nous considérons qu'il y a eu « Succès total » d'un projet de TT s'il y a réalisation des objectifs fixés au départ du projet par exemple vérifier la faisabilité de la substitution de la technologie actuelle par le brasage à l'échelle industrielle. Il y a « Succès partiel » si les objectifs de départ ont été réalisés partiellement ou s'il y a eu des résultats importants non visés au départ tels que l'exploitation du savoir-faire grâce à une Start up ou une Spin off. Il y a eu « Echec » si les objectifs fixés ne sont pas atteints.

## Constats

### **Cg. 8. Les subventions sont un moteur pour la formalisation des objectifs projets.**

L'obtention d'une subvention par la PME implique l'existence d'une relation contractuelle entre les financeurs et la PME. Cette relation permet une formalisation des objectifs du projet favorisant ainsi le succès de ce dernier. En effet, une subvention qui couvre même partiellement les coûts du projet permet de structurer les objectifs initiaux et d'effectuer des essais et des développements. Sur les cinq projets observés, quatre ont abouti. Ces quatre, contrairement au projet C, ont reçu des aides financières pour mener à bien le projet de transfert (voir Tableau 26).

### **Cg. 9. Le contexte économique et l'obtention d'une subvention influencent le succès du TT.**

Le contexte économique semble validé comme facteur de succès. En effet, les projets impactés par la crise de (2007-2010) ont été un échec (projet C) ou a défaut un succès partiel (B).

### **Cg. 10. L'existence d'un market-pull influe sur le succès de TT.**

L'existence d'un market-pull (pression du client final) influe clairement sur le succès des projets. En effet, l'absence de ce dernier a conduit à l'échec du projet C et au ralentissement de la dynamique du projet B qui n'a été un succès que grâce à l'utilisation du savoir-faire acquis par une nouvelle structure (voir Tableau 26). Ainsi, les projets de TT ne sont pas de simples prestations techniques en réponse à un problème technique mais s'inscrivent dans une politique plus globale et doivent correspondre aux choix stratégiques de la direction.

#### • Etude des facteurs de succès appartenant à la famille « humain »

Le Tableau 27 montre la valeur des indicateurs relatifs à la dynamique de projet.

	N	$\alpha$	$N_T$	$\tau$	Col	L	$N_c^{**}$	BE*	$N_r$	$T_r$	Résultat final
<b>A</b>	10	0,42	40	1,08	Forte	Oui	2	Oui	5	1/2	Succès total
<b>B</b>	4	0,33	6	1	Faible	Non	2	Oui	1	1/4	Succès partiel
<b>C</b>	9	0,69	12	0,84	Faible	Non	1	Oui	1	1/9	Echec
<b>D</b>	14	0,78	144	8,33	nul	Oui	4	Oui	7	1/2	Succès total
<b>E</b>	2	0,67	3	3,33	nul	Oui	1	Non	2	1	Succès total

N : nombre de contacts directs.

$\alpha$  : nombre de contacts directs par mois.

$N_T$  : nombre d'échanges toutes formes confondues (Echange direct, E-mail, Téléphone, courrier postal).

$\tau$  : taux de matérialisation : nombre d'Objets Intermédiaires de transfert par mois.

Col : niveau de collaboration : est ce que l'entreprise a profité du réseau de l'expert ?

L : l'existence d'un leadership.

$N_c$  : nombre de cadres prenant partie dans le projet.

BE : l'existence d'un Bureau d'Etudes.

$N_r$  : nombre de participations du PDG.

$T_r$  : taux de participation du PDG.

**Tableau 27. Valeurs des indicateurs relatifs à la dimension humaine du TT**

## Constats

Les tableaux Tableau 26 et Tableau 27 permettent d'établir les constats suivants :

### **Cg. 11. L'implication du décideur est un facteur de succès.**

Dans le projet C, l'implication partielle du décideur (voir Tableau 27, Tr=1/9) a conduit à une dynamique cyclique de collaboration où les échanges s'intensifient lorsque le décideur a consacré du temps au projet. Dans le projet B, le manque d'implication du donneur d'ordres (voir Tableau 27, Tr=1/4) a pénalisé le projet et produit un climat de méfiance entre les acteurs impliqués et en particulier du côté de la PME. Cela a conduit à la suspension du projet malgré une période active de collaboration et des résultats tangibles. Dans les projets A, D et E, l'implication active des décideurs a créé une relation dynamique d'échanges et toutes les périodes d'échanges statiques étaient justifiées (fournisseur en rupture de stock, les vacances annuelles de la PME...).

### **Cg. 12. L'existence d'un leadership influe sur le succès de TT.**

L'existence d'un leadership influe clairement sur le succès des projets. En effet, l'absence de ce dernier a conduit à l'échec du projet C et au ralentissement de la dynamique du projet B qui n'a été un succès que grâce à l'utilisation du savoir-faire acquis par une nouvelle structure (voir Tableau 27). Ainsi, les projets de TT ne sont pas de simples prestations techniques en réponse à un problème technique mais s'inscrivent dans le cadre d'une stratégie plus globale soutenue par les décideurs.

### **Cg. 13. Le nombre de cadres impliqués influe sur le succès de TT.**

La mise à disposition de cadres permet de garantir les ressources nécessaires pour le projet et augmente le niveau de formalisme adopté (vérifié sur les cinq projets observés). Le projet D a été un échec en partie parce que le cadre impliqué consacrait très peu de temps au projet.

- **Etude des facteurs de succès appartenant aux familles « organisation et méthodes » et « technologie »**

Entreprise	N <sub>OIT</sub> / « Planning »	N <sub>OIT</sub> / « Doc. confidentialité / Prop. intellectuelle »	Ob <sub>T</sub>	Ap		F	Résultat final
				PME	Centre de TT		
A		2	Oui	Oui	Oui	Oui	Succès total
B			Oui	Oui	Oui	Oui	Succès partiel
C			Non	Non	Non	Non	Echec
D	3		Oui	Oui	Oui	Oui	Succès total
E			Oui	Oui	Non	Oui	Succès total

N<sub>OIT</sub> / « Planning » : nombre d'objets intermédiaires de transfert appartenant à la catégorie « Planning ».

N<sub>OIT</sub> / « Doc. confidentialité / Prop. intellectuelle » : nombre d'objets intermédiaires de transfert appartenant à la catégorie « Documents confidentialité / Propriété intellectuelle ».

Ob<sub>T</sub> : est ce que le transfert de technologie a été affiché comme objectif dès le départ du projet ?

Ap : amélioration des pratiques des acteurs (reconnaissance verbale).

F : formation : est ce que la PME a reçu une formation par le centre de transfert ?

**Tableau 28. Valeurs des indicateurs relatifs à l'amélioration des compétences des différentes parties prenantes**

### **Constats**

### **Cg. 14. Le TT est un processus où chaque partie prenante enrichit ses connaissances de base et améliore ses pratiques.**

Dans trois projets observés (A, D, B), l'expert TT et les acteurs des PME ont admis ouvertement qu'ils ont acquis une nouvelle compétence durant le projet. Dans le projet A, l'expert a approfondi ses compétences dans les applications de brasage par bain de sel et la

PME ses compétences métallurgiques et ses compétences en brasage au four sous vide. Notons que les connaissances acquises ont été réutilisées dans un autre projet : un document de synthèse concernant les résultats des tests obtenus par l'expert dans le domaine de la métallurgie a été réutilisé comme une procédure qualité interne par le directeur technique de la PME. Dans le projet B, l'expert a approfondi ses compétences dans l'application agricole et a amélioré ses connaissances dans l'organisation d'ateliers (gestion physique des flux). Dans le projet D, l'expert et les partenaires ont approfondi leurs connaissances sur la brasabilité de métaux exotiques. Les rapports de tests réalisés sont utilisés par la PME et les experts en tant que documents de référence. Dans le projet C, la collaboration entre le Centre de TT et la PME se caractérise par des longues périodes d'inactivité. Les acteurs n'ont pas exprimé ouvertement la contribution du projet à leurs compétences, mais en raison des recommandations de l'expert en brasage, la PME a fait des investissements pour améliorer la qualité de la production. Pour mener à bien certaines des analyses, l'expert a approfondi ses connaissances en effectuant des recherches dans la littérature et a donc amélioré ses connaissances techniques. Dans le projet E, le projet de TT est à un niveau très basique. La connaissance acquise par les deux parties reste très élémentaire. La PME a pris conscience de l'importance de la préparation de surface dans la procédure de brasage. L'expert a amélioré sa connaissance du domaine d'activité de la PME.

#### **Cg. 15. La formalisation du TT comme objectif est un facteur de succès.**

La formalisation du TT comme objectif dès le départ du projet semble critique pour son succès. Seul le projet (projet C) qui n'avait pas précisé le TT comme objectif de départ du projet de TT s'est soldé par un échec. En effet, le décideur industriel a été dans une logique de prestation et c'est l'expert en brasage qui a suggéré de formaliser et structurer la collaboration en projet de TT pour mener une démarche d'amélioration globale du procédé.

#### **Cg. 16. La formation comme mécanisme de TT est un facteur de succès.**

La réalisation de formation par l'expert pour la PME semble influencer sur le résultat final de l'étude. En effet, seul le projet où ce mécanisme n'a pas été utilisé a été un échec. Ceci souligne l'importance de l'apprentissage par la pratique et conforte le besoin de concrétiser et matérialiser dans le domaine technique.

#### **Co. 1. Faire un planning du projet n'est pas un réflexe.**

La catégorie « Planning » n'est apparue que pour un seul projet sur les cinq observés. Nous remarquons que sur ce projet, il y avait une multitude d'acteurs qui interviennent sur les mêmes pièces qui peuvent faire des allers-retours entre ces acteurs (CM2T, entreprise D, Transport, Atelier d'usinage du donneur d'ordre). Le planning répond à un besoin de coordination pour aborder la complexité de communication entre les acteurs. Le nombre d'objets appartenant à cette catégorie est fonction du niveau de formalisme adopté par l'entreprise ou imposé par le donneur d'ordre (cas projet D). Si le projet est bi-acteur, le planning n'est pas formalisé (quatre projets sur cinq).

- **Etude des facteurs de succès appartenant à la famille « produit »**

#### **Constats**

Le Tableau 29 permet de mettre en évidence la relation entre les caractéristiques du produit et le niveau de matérialisation et d'échange pour chaque projet observé. Il permet d'établir les constats suivants :

#### **Cg. 17. La complexité des pièces augmente le nombre d'objets de transfert.**

Dans les projets qui ont été un succès total ou partiel (A, B, D, E), le nombre d'objets intermédiaires de transfert augmente avec la complexité de la pièce. La complexité et le nombre d'objets intermédiaires de transfert sont corrélés (voir Tableau 29).

**Cg. 18. Les caractéristiques de la pièce influencent la séquence des phases dans le projet de TT.**

Lorsque la complexité et les coûts sont modérés, les phases « Développement » et « Essais » sont très proches et souvent menées en parallèle (A, B, E). Dans le projet D, le coût élevé et la complexité des pièces ont imposé une phase de « Développement » plus longue pour assurer le succès final. En outre, la phase « Essais » a été menée sur des pièces simplifiées et moins volumineuses que les originales. Dans le projet A (long terme), la phase « Prospection » n'a pas eu lieu car l'entreprise a exploité les résultats obtenus dans la phase « Prospection » de la partie court terme du projet. Ainsi, au cours des projets de transfert technologique, la combinaison des phases semble liée à la complexité et au coût des produits.

	C <sub>p</sub>	Prix des pièces	Matière(s) utilisée(s)	N <sub>T</sub>	N <sub>OIT</sub>	D (mois)	Résultat final
<b>A</b>	Élevé	5000 à 10000 €.	Aluminium	40	26	24	Succès total
<b>B</b>	Faible	≈15€	Acier et Carbure de tungstène	6	12	12	Succès partiel
<b>C</b>	Moyenne	≈ 100€	Aluminium et Carbure de tungstène	12	11	13	Echec
<b>D</b>	Élevé	Pièces instrumentées : 10 000 à 200 000€ Thermocouple : 100 à 150€.	Inconel 600, Inconel 718 CuCr1Zr	144	150	18	Succès total
<b>E</b>	Faible	brasure <5€, raccord testé <15€ (brasure comprise).	Aluminium	3	10	3	Succès total

C<sub>p</sub> : complexité de la pièce.

N<sub>T</sub> : nombre d'échanges toutes formes confondues (Echange direct, E-mail, Téléphone, courrier postal).

N<sub>OIT</sub> : nombre d'Objets Intermédiaires de Transfert lors de la période d'observation.

D : durée d'observation.

**Tableau 29. Relation entre les caractéristiques du produit, le niveau de matérialisation et la fréquence des échanges**

**Invariants**

**Invariant N° 5.** Le transfert de technologie est une construction entre les différents acteurs impliqués. Cette construction nécessite du temps. La durée d'un projet de transfert est mesurée en mois voire en années. Elle varie entre 3 et 24 mois avec une moyenne des durées des projets observés de 14 mois.

**Invariant N° 6.** La complexité et le nombre d'objets intermédiaires de transfert produits dans un projet de TT sont corrélés : plus la complexité augmente plus le nombre d'OIT augmente.

- **Etude de la dynamique du projet**

Le Tableau 30 montre la valeur des indicateurs relatifs à la dynamique de projet.

	N	$\alpha$	$N_T$	$\tau$	Résultat final
<b>A</b>	10	0,42	40	1,08	Succès total
<b>B</b>	4	0,33	6	1	Succès partiel
<b>C</b>	9	0,69	12	0,84	Echec
<b>D</b>	14	0,78	144	8,33	Succès total
<b>E</b>	2	0,67	3	3,33	Succès total

N : nombre de contacts directs.

$\alpha$  : nombre de contacts directs par mois.

$N_T$  : nombre d'échanges toutes formes confondues (Echange direct, E-mail, Téléphone, courrier postal).

$\tau$  : taux de matérialisation : nombre d'Objets Intermédiaires de Transfert par mois.

**Tableau 30. Valeurs des indicateurs relatifs à la dynamique de projet**

**Cg. 19. La dynamique d'échange dépend du niveau de matérialisation ( : nombre d'OIT par mois) et du nombre de réunions par mois ( $\alpha$ ).**

Nous constatons sur le terrain que l'indicateur  $\alpha$  dans le Tableau 27 et qui traduit la relation entre le nombre de contacts et la durée du projet ne rend pas à lui seul une image objective de la réalité. Par exemple, dans le projet A,  $\alpha=0,42$  tandis que dans le projet C,  $\alpha=0,69$ . Cela laisse à supposer que le dernier projet est plus dynamique. En réalité, le caractère discontinu du projet C a généré des réunions non productives qui avaient pour principale fonction de faire le point et renouer le dialogue après une longue période de silence. Ceci s'est traduit par une hausse de la moyenne des réunions ( $\alpha$ = Nombre de contacts directs par mois). Cependant, l'examen de l'indicateur  $\tau$  qui traduit le taux de matérialisation (création d'objets intermédiaires de transfert) dans le projet montre que pour A  $\tau=1,08$  et pour C,  $\tau=0,84$ . Ceci montre que le projet A atteste de plus d'objets de transfert et a donc été plus dynamique que le projet C. Ainsi, la dynamique de matérialisation (la dynamique temporelle ( $\alpha$ ) permettent d'évaluer la dynamique globale d'un projet et l'efficacité des échanges.

**Cg. 20. Le taux de matérialisation est un indicateur incontournable.**

L'indicateur taux de matérialisation ( $\tau$ ) semble mieux corrélé au résultat final (succès / échec) que l'indicateur ( $\alpha$ ) qui traduit le nombre de contacts directs par mois. En effet, il peut y avoir des réunions de synthèse suite à des périodes sans décisions réelles ou de contacts alors que les OIT sont souvent synonymes d'investissements matériel et intellectuel. Une première analyse montre qu'il y a probablement une corrélation entre ces deux indicateurs conformément à la Figure 28.

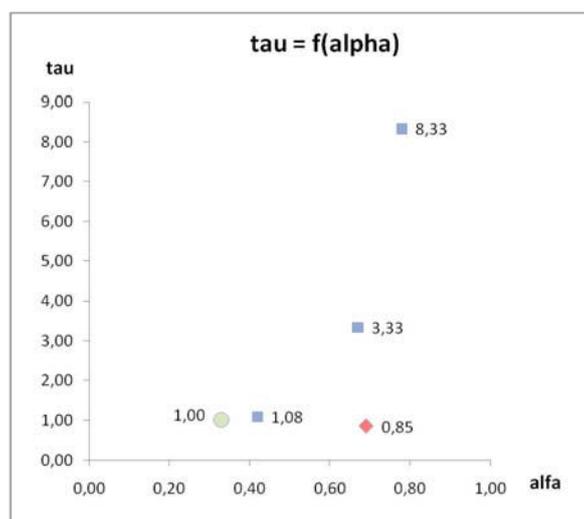


Figure 28. Relation entre les indicateurs tau et alpha

### Invariants

**Invariant N° 7.** Le succès est lié au nombre d'objets intermédiaires de transfert produits. En effet, ces objets concrétisent l'avancement du projet réalisé grâce aux échanges entre les acteurs. Il est important de se voir pour échanger. Cependant, la multiplication des réunions n'est pas une garantie de l'efficacité. Il faut donc être vigilant au rythme d'échange et à la productivité lors de l'échange. Le succès réside alors dans un compromis : il faut se voir mais se voir pour produire ensemble efficacement.

#### *5.2.1.4. Analyse du contenu et de la dominance*

Le Tableau 31 donne les dominances des parties prenantes (centre de transfert, PME) par famille de sujets. Il permet de mettre en évidence les constats (Cs) suivants sur les sujets abordés lors de l'observation.

	A	B	C	D	E
Famille de sujets	C <sub>p</sub> =Elevé	C <sub>p</sub> =Faible	C <sub>p</sub> =Moyenne	C <sub>p</sub> =Elevé	C <sub>p</sub> =Faible
<b>Marché</b> : les échanges relatifs à la description du marché : les partenaires, les concurrents, les spécificités du marché, les fournisseurs...	●	■	●	∅	∅
<b>Environnement / Ecologie</b> : l'impact sur l'environnement : pollution, toxicité.	●	∅	∅	∅	∅
<b>Activité / Produit</b> : la description des produits, des précisions sur l'activité, les objectifs produits souhaités, la stratégie produit.	●	X	●	◐	●
<b>Qualité</b> : la qualité des produits, des procédés, la législation, Normes, l'application d'une norme en particulier, la création d'un poste de contrôle qualité.	●	●	●	◐	●
<b>Technique / technologie</b> : les échanges relatifs à des problèmes techniques, des solutions technologiques possibles, les mises au point de procédés, sans rentrer dans une logique de résolution de problème.	■	X	■	■	■
<b>Expertise Générale</b> : connaissance de l'environnement : veille technologique, étude du marché, intelligence économique.	∅	∅	∅	∅	∅
<b>Expertise personnalisée</b> : recherche de solution à un problème technique précis, trouver des sous-traitants, des fournisseurs, accompagner le développement d'un produit.	◐	◐	◐	◐	■
<b>Coût</b> : toute forme d'investissement : machines, postes de travail, nouvelles structures..., charges financières, le mode de financement des investissements.	◐	◐	◐	◐	∅
<b>Sécurité</b> : les exigences liées à la sécurité des postes de travail, du personnel, du produit. L'installation d'une ventilation est un exemple de sujet de sécurité.	∅	∅	∅	■	∅
<b>Confidentialité / Propriété intellectuelle</b> les exigences en termes de confidentialité et les accords concernant la propriété intellectuelle.	●	∅	∅	∅	∅
<b>Organisation et production</b> : les échanges relatifs à l'organisation de production : réorganisation d'un atelier de production, redéploiement des ressources matérielles et humaines, organisation de collaboration...	◐	X	◐	∅	∅
<b>Total (dominance PME (●) et égalité des deux parties (◐))</b>	8/12	3/12	6/12	5/12	2/12

● : Dominance PME, ■ : Dominance structure experte, ◐ : égalité des deux parties, ∅ : le sujet n'a pas été abordé, X : Dominance difficile à établir, C<sub>p</sub>= Complexité de la pièce.

Tableau 31. Dominance de l'échange par sujet et par projet

## Constats

Le Tableau 31 permet d'établir les constats suivants :

### **Cs. 1. La famille de sujets « marché » est dominée par la PME.**

Dans deux sur cinq des projets, cette famille est dominée par la PME (seul dans un des cinq projets cette famille de sujets est dominée par la structure experte). En effet, l'entreprise connaît mieux ses clients et concurrents. La structure experte est en position de demandeur de connaissances sur ce sujet pour mieux orienter le travail qu'il doit mener. Toutefois, notons un cas particulier (cas B) où l'expert intervient sur la partie commerciale en même temps que sur la dimension technique. Le transfert est alors très transverse.

### **Cs. 2. La famille de sujets « Environnement / Ecologie » n'est pas récurrente.**

Cette famille a été abordée dans un seul projet. Il est utile de souligner que les projets observés ne concernent pas des domaines particulièrement polluants. Lors du projet A, le sujet a été abordé et a été dominé par la PME. Le brasage en bain de sel implique le respect de certaines réglementations environnementales. Il s'agit probablement d'une carence générale dans le pool des participants.

### **Cs. 3. La PME domine les échanges dans la famille de sujets « Activité / Produit ».**

La PME domine les échanges dans la famille de sujets « Activité / Produit » dans trois sur cinq projets avec une égalité des échanges dans un sur cinq des projets. Pour le projet B, les données récoltées ne permettent pas de conclure. En effet, ce projet a démarré avant le début de la phase observation de ce travail. Dans ce cas, nous sommes donc dans une logique d'intégration des apports de l'expert dans une conception plus générale d'une nouvelle activité industrielle que doit apprendre à maîtriser l'entreprise. Dans quatre projets sur cinq, ce défi d'intégration est compris par les dirigeants qui prennent alors l'initiative.

### **Cs. 4. La PME domine les échanges dans la famille de sujets de la « Qualité » (dans quatre projets sur cinq (4/5) la PME domine, pour un projet sur cinq (1/5) pas de dominance).**

La PME est souvent source de connaissances et d'interrogations pour construire les nouveaux concepts relatifs à la famille de sujets « qualité ». Ce sujet paraît prioritaire pour les PME. La connaissance de l'expert doit être adaptée au contexte interne pour être cohérente avec la politique de la qualité dans l'entreprise.

### **Cs. 5. La structure experte est dominante dans la famille de sujets « Technique / Technologie » (quatre projets sur cinq).**

Pour une interrogation technique d'ordre général, elle semble dominante pour apporter une partie des savoirs scientifiques et techniques. L'expert bénéficie de ses contacts avec le monde de la recherche et d'une ouverture sur une multitude d'applications grâce à la diversité de ses clients. De plus, son expertise couvre le champ des procédés et de la métallurgie.

### **Cs. 6. La famille de sujets « Sécurité » semble ne pas être prioritaire (abordée dans un seul projet sur les cinq étudiés).**

Ceci peut s'expliquer par le fait que le brasage est un procédé qualifié de non dangereux conformément à l'attribut de sécurité développé dans le paragraphe 4.1.1.

### **Cs. 7. La famille de sujets « Coût » est un sujet discuté par les deux parties prenantes.**

C'est une négociation qui vise à maîtriser en particulier le coût des essais (dans un seul projet sur les cinq observés, le coût n'a pas été discuté).

### **Cs. 8. La famille de sujets « Confidentialité / Propriété intellectuelle » est peu abordée.**

La famille de sujets « Confidentialité / Propriété intellectuelle » est peu abordée. Elle a été observée dans un seul projet sur les cinq étudiés (1/5). Dans ce cas, l'entreprise a été dominante. En effet, l'adaptation de la technologie ne relève pas de la Propriété Intellectuelle et dans tous les cas le code de déontologie suivi par l'expert est jugé suffisant.

### **Cs. 9. Les échanges qui portent sur la famille de sujets « Organisation et production » ne présentent pas de dominance.**

Il existe une démarche de réelle construction où chacun apprend de l'autre au service d'un but commun d'organiser et optimiser la production.

### **Cs. 10. La famille de sujets « Expertise générale » n'a pas été abordée.**

Les PME ne sont pas intéressées par la connaissance de leurs environnements à travers la veille technologique. Ce sujet n'a pas été abordé. On peut alors s'interroger : faut-il mettre en avant davantage la veille et la possibilité d'accéder collectivement à des bases de données lors des réunions collectives ?

### **Cs. 11. Les échanges qui portent sur la famille de sujets « Expertise personnalisée » ne présentent pas de dominance (quatre sur cinq des projets observés).**

Dans un seul projet sur les cinq observés, l'échange a été dominé par la structure experte. Il y a une démarche de réelle construction où chacun apprend de l'autre au service d'un but commun qui est la résolution d'un problème technique.

### **Cs. 12. La dominance semble corrélée à la complexité de la pièce.**

Nous avons constaté par observation que la dominance de l'entreprise semble corrélée à la complexité des pièces qu'elle produit et à son niveau technologique. Plus les pièces que l'entreprise fabrique sont complexes, plus sa culture technologique et sa capacité à participer à l'expertise de sa propre problématique est grande. Le Tableau 31 montre que le total des familles de sujets sur lesquelles la PME est dominante ou à égalité avec le centre de transfert augmente avec la complexité de la pièce.

### **Invariants**

**Invariant N° 8.** Le transfert de technologie est une construction. La structure experte domine l'échange principalement dans les sujets « Technique / Technologie ». La PME domine les échanges principalement dans les sujets « Marché », « Activité / Produit » et « Qualité ». Il y a égalité dans l'échange dans les sujets « organisation et production », « coût » et « expertise personnalisée ». Aucune partie ne monopolise vraiment le processus de production de connaissances. Il y a une démarche de réelle construction où chacun apprend de l'autre au service d'un but commun qui est la résolution d'un problème technique.

**Invariant N° 9.** La dominance de l'entreprise est corrélée à la complexité de pièces fabriquées et à son niveau technologique : plus les pièces fabriquées par l'entreprise sont complexes, plus la culture technologique et la capacité de la PME à participer à l'expertise de sa propre problématique est grande.

#### ***5.2.1.5. Analyse des Objets Intermédiaires de Transfert (Approche matérielle)***

Le Tableau 32, la Figure 29 et le Tableau 33 permettent de mettre en évidence les constats (Co) suivants relatifs aux Objets intermédiaires :

Le Tableau 32 présente le nombre d'objets intermédiaires de transfert par catégorie pour chaque entreprise observée.

Catégorie d'OIT	A	B	C	D	E	Total général
Plans / Nomenclature	2	0	0	68	0	70
Proposition technique / Contrat	7	2	3	9	1	22
Croquis	4	2	0	10	0	16
Planning	0	0	0	3	0	3
Doc. définition et/ou synthèse	4	0	2	34	1	41
Relevé de mesures	0	0	0	5	0	5
Photos	0	0	4	6	4	14
Doc. travail	1	1	0	0	1	3
Pièces	6	1	2	15	3	27
Doc. confidentialité / Propriété intellectuelle	2	0	0	0	0	2
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>150</b>	<b>10</b>	<b>203</b>

Tableau 32. Nombre d'OIT par catégorie pour chaque projet

La Figure 29 présente la répartition des OIT de chaque projet observé en catégorie par pourcentage.

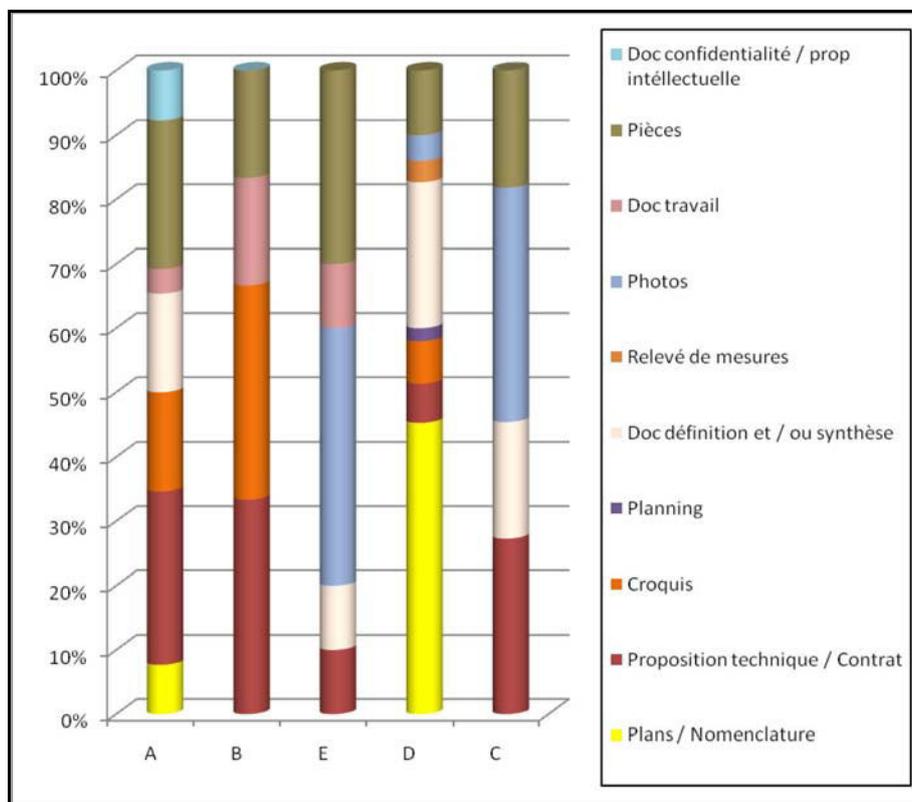


Figure 29. Répartition des OIT par catégorie

### Constats

**Co. 2. Les catégories d'objets les plus présentes sont : « Pièces » et « Proposition technique / contrat ».**

Globalement, la priorité est donnée à des OIT 3D (pièces, prototypes...) au détriment d'OIT 2D « papier ». Ce constat semble indiquer une carence méthodologique et une faiblesse dans la formalisation des processus internes aux entreprises. Ce phénomène pourrait altérer

l'efficacité du TT. Il y a confusion chez les acteurs entre conception d'un procédé et innovation par TT.

**Co. 3. Il existe des OIT présents dans tous les projets observés : « Propositions techniques », « Pièces à analyser » et « Rapports d'essais ».**

Certains OIT semblent être des objets clefs. En effet, les OIT « Propositions techniques », « Pièces à analyser » et « Rapports d'essais » apparaissent systématiquement dans tous les projets observés. Ces objets sont des invariants matériels.

Le Tableau 33 présente l'apparition des différentes catégories d'OIT durant les différentes phases d'un projet de transfert pour les cinq entreprises observées.

Catégories d'OIT	Contact / Niveau de confiance	Prospection	Développement	Essais	Adoption
Doc. confidentialité / Propriété intellectuelle	A	A	A		
Proposition technique / Contrat		A C D	A C D E	A	B
Pièces	E	C D E	A B D E	A B D E	D
Plans / Nomenclature		D	D	A	D
Planning		D	D		
Croquis		D	A B D	B	
Doc. définition et/ou synthèse	A C	A D	A C D	A D	E
Relevé de mesures		D	D	D	
Photos	C	C	C D E	D E	
Doc. de travail			B	A B D	E

A : projet A, B : projet B, C : projet C, D : projet D, E : projet E.

**Clef de lecture :** Les objets appartenant à la catégorie « Doc. de travail » sont apparus dans la phase « Développement » dans un seul projet (entreprise B). Ils sont apparus également dans la phase « Essai » dans les projets A, B et D, associés respectivement à l'entreprise A, B et D et dans la phase « Adoption » du projet E.

Tableau 33. Apparition des catégories d'OIT par phase du modèle du projet de Transfert de Technologie

**Constats**

**Co. 4. La problématique de la propriété intellectuelle n'est pas figée. Elle évolue avec l'avancement du projet.**

Les objets appartenant à la catégorie « Doc. confidentialité / Propriété intellectuelle » sont essentiellement le produit des 2 premières phases « Contact / Niveau de confiance » et « Prospection ». Ces objets sont finalisés au plus tard au début du développement (cas du projet A). Dans certains cas, la phase « Développement » peut révéler des enjeux de propriété intellectuelle. Des OIT appartenant à cette catégorie peuvent alors apparaître. Ces objets sont apparus dans un seul projet sur les cinq projets observés.

**Co. 5. Les objets appartenant à la catégorie « Proposition technique / Contrat » apparaissent à la fin de la phase « Prospection » ou au début de la phase « Développement ».**

En effet, pour faire une proposition technique, l'expert peut être amené à faire un développement préliminaire. Cependant, on peut voir apparaître ce genre d'OIT en phase « Essais » (projet A), voire même en phase adoption (Projet B) si les acteurs ressentent le besoin de modifier l'accord de départ pour l'élargir (cas A), le restreindre (cas D) ou le

prolonger (cas B). L'apparition de cette catégorie est systématique dans un projet de transfert. Une fois la proposition technique approuvée elle fait foi de contrat.

**Co. 6. La catégorie « Pièces » est présente dans tous les projets observés.**

Elle semble centrale dans le processus de transfert de technologie. Les objets appartenant à cette catégorie peuvent apparaître dès la phase de « Contact / Niveau de confiance ». Ils sont systématiquement présents dans la phase « Développement » et « Essais ». Toutefois, l'ordre de suivi des OIT les uns par rapport aux autres n'est pas stable : il y a par exemple des pièces créées avant de faire des plans. La non linéarité de l'apparition de ces objets atteste de la non linéarité du processus de TT dans lequel elles sont impliquées. Notons aussi que si on considère la complexité des pièces et leur coût, on pourrait avoir un report des pièces les plus chères vers la fin du processus. Dans notre cas, seules les pièces du projet D peuvent être considérées comme onéreuses (plus de 10000€). Des pièces simplifiées ont été alors réalisées pour faire les essais.

**Co. 7. La catégorie « Plans / Nomenclatures » semble réservée aux projets qui portent sur des pièces dont le brasage n'est possible ou de meilleur rendu qu'en modifiant la conception de la pièce qui génère de nouveaux plans et nomenclatures.**

C'est le cas des projets (A et D). Notons que la complexité de la pièce est un facteur qui favorise l'apparition de cette catégorie d'OIT. Par exemple, dans le projet D (complexité de la pièce  $C_p$ =élevé) il y a eu 68 OIT appartenant à cette catégorie alors que pour le projet E ( $C_p$ =faible) aucun OIT appartenant à cette catégorie n'est apparu conformément au Tableau 32. Le nombre d'objets appartenant à cette catégorie est fonction du niveau de formalisme adopté par l'entreprise. Notons que l'écart en nombre d'OIT entre le projet A et D est justifié par le fait que le deuxième comporte différentes pièces complexes.

**Co. 8. Les OIT appartenant à la catégorie « Croquis » semblent avoir un rôle dans la communication.**

Ces objets permettent de réfléchir en groupe ou de concrétiser une idée pour la transmettre. Ils apparaissent principalement dans la phase « Développement » (trois projets sur cinq observés).

**Co. 9. Les objets appartenant à la catégorie « Doc. définition et/ou synthèse » peuvent apparaître à chaque phase du projet.**

Les objets appartenant à cette phase reflètent la formalisation des avancées réalisées au fur et à mesure de l'avancement du projet. Les objets appartenant à cette catégorie peuvent apparaître à chaque phase du projet, plus particulièrement pour mettre en évidence des résultats intermédiaires ou des résultats finaux d'une phase du projet. Trois entreprises sur cinq observées ont compté des objets appartenant à cette catégorie en phase « Développement », une entreprise en phase « Adoption » et deux entreprises dans les phases « Contact / Niveau de confiance », « Prospection » et « Essais ».

**Co. 10. La complexité de la pièce est un facteur qui favorise l'apparition de la catégorie « Relevé de mesures ».**

Dans le projet D, cinq OIT appartiennent à cette catégorie (voir Tableau 32). Le nombre d'objets appartenant à cette catégorie est fonction du niveau de formalisme adopté par l'entreprise.

### **Co. 11. Dans un processus de transfert la catégorie « Photos » est un outil d'analyse.**

Les objets appartenant à cette catégorie se trouvent principalement dans la phase « Développement » (trois projets sur cinq observés) et « Essais » (deux projets sur cinq observés).

### **Co. 12. La catégorie « Doc. de travail » apparaît principalement dans la phase « Essais » (trois projets sur cinq observés) et « Adoption ».**

Dans les projets C et D, il n'y a pas eu d'OIT appartenant à cette catégorie. Ceci s'explique par le fait que le transfert de la mise en pratique n'était pas un objectif initial dans ces deux projets mais une résultante annexe. En effet, dans le projet D, l'objectif recherché est de mieux étudier la brasabilité des Thermo Couples, mais l'entreprise envisage de sous-traiter l'opération de brasage. Dans le projet C, l'objectif recherché est d'identifier les causes de non qualité d'un produit. La mise en place et l'amélioration de la technologie ne sont pas recherchées dans un premier temps.

### **Invariants**

**Invariant N° 10.** Le niveau de formalisme de l'entreprise influe sur la nature des objets intermédiaires de transfert produits dans le projet. De même, la complexité de la pièce à concevoir est une variable influente.

**Invariant N° 11.** Certains OIT semblent être des objets clefs. En particulier, les propositions techniques, les pièces à analyser et les rapports d'essais apparaissent systématiquement dans tous les projets observés. Ces objets sont des invariants matériels.

**Invariant N° 12.** Le processus d'apparition des OIT est non linéaire. En effet, le suivi des objets les uns par rapport aux autres n'est pas stable. On peut par exemple avoir des pièces fabriquées et testées avant l'élaboration des plans correspondants et vice versa.

### **5.2.2. Résultats obtenus grâce à la théorie des ensembles approximatifs**

Notre étude s'inscrit dans le cadre d'un problème de décision multicritère / attribut où l'objectif de l'analyse des données est d'identifier des règles de suivi de projet de transfert de technologie. Ces règles sont utilisables ensuite comme aide à la prise de décisions visant à optimiser les chances de succès. Nous avons expliqué dans les paragraphes précédents que la théorie RST est particulièrement adaptée pour la représentation des connaissances incomplètes c'est-à-dire qui ne peuvent pas être caractérisées précisément avec les attributs disponibles. Elle est donc particulièrement adaptée à notre problématique car elle n'exige aucune information (poids, classement des attributs) a priori pour traiter les données.

Le Tableau 34 donne la liste des indicateurs retenus et que nous croisons avec le critère de succès retenu : l'activité industrielle visée par le transfert est mise en place. Nous avons travaillé sur les critères que l'approche descriptive a identifiés comme pertinents. Nous avons restreint volontairement notre étude. En effet, dans un premier temps, notre objectif est de valider une partie des résultats obtenus par l'analyse comparative. Notre démarche est du domaine de l'exploration. Les calculs ont été réalisés selon l'approche DRSA et à l'aide du logiciel 4eMka2<sup>10</sup> développé par le laboratoire IDSS (Laboratory of Intelligent Decision Support System, Institute of Computing Science, Poznan University of Technology). Des travaux communs existent en effet entre l'ERPI et cette équipe.

---

<sup>10</sup>Disponible à partir de : <http://idss.cs.put.poznan.pl/site/69.html>

Le tableau 34 montre, ainsi, la « Table de décision » pour l'ensemble des projets. Comme nous l'avons noté préalablement, le domaine de décision est défini par : d (Projet TT) = succès total (R), succès partiel (P) ou Echec (E).

Projet	Imp. Interne	Imp. Externe	Secteur	Tr (%)	Tau $\tau$	Alpha $\alpha$	Cp	N <sub>T</sub>	D	N <sub>OIT</sub>	S	Mp	Col	d
A	Fort	Moyen	Aérospatiale	50	1,08	0,42	Haute	40	24	26	Conséquente	oui	forte	<b>R</b>
B	Moyen	Faible	Outil agricole	25	1,00	0,33	Faible	6	12	12	Modeste	non	faible	<b>P</b>
C	Faible	Faible	Mécanique	11	0,85	0,69	Moyenne	12	13	11	Non	oui	faible	<b>E</b>
D	Moyen	Moyen	Aéronautique	50	8,33	0,78	Haute	144	18	150	Conséquente	oui	nulle	<b>R</b>
E	Moyen	Nul	Mécanique	100	3,33	0,67	Faible	3	3	10	Modeste	non	nulle	<b>R</b>

Imp. Interne : impact interne du projet au niveau de la PME

Imp. Externe : impact externe du projet au niveau de l'environnement de la PME

Tr : taux de participation du PDG

$\tau$  (tau) : taux de matérialisation : nombre d'Objets Intermédiaires de Transfert par mois.

$\alpha$  (alpha) : nombre de contacts directs par mois.

C<sub>p</sub> : complexité de la pièce.

N<sub>T</sub> : nombre d'échanges toutes formes confondues (Echange direct, E-mail, Téléphone, courrier postal).

D : durée d'observation.

N<sub>OIT</sub> : nombre d'Objets Intermédiaires de Transfert lors de la période d'observation.

S : est-ce que la PME a bénéficié de subvention dans ce projet ou pas ?

M<sub>p</sub> : l'existence d'un market pull (pression du client final).

Col : niveau de collaboration : est-ce que l'entreprise a profité du réseau de l'expert ?

d : décision : résultat du projet succès total (R), succès partiel (P) ou Echec (E).

**Tableau 34. Table de décision**

Le Tableau 35, montre :

- l'ensemble des critères sélectionnés.
- le domaine de chaque critère (ensemble des valeurs qui peuvent être affectées à ce critère).
- le type de préférence de chaque critère. Le type « Gain » correspond aux critères pour les quels les valeurs supérieures sont préférées en vue d'un meilleur résultat. Le type « Aucune » correspond aux critères dont la valeur n'induit aucune préférence par rapport au résultat du projet.

Par exemple, le critère « Impact interne » peut prendre les valeurs nulle, faible, moyenne ou forte. Ce critère est considéré de type « Gain » car plus sa valeur est supérieure (nulle vers forte), plus l'impact est supposé meilleur par rapport au succès du projet. Cependant, le critère « Durée », peut prendre plusieurs valeurs (« continues »). Ce critère est considéré de type « Aucune » car la durée n'est pas un critère de préférence des projets entre eux. Autrement dit si la durée du projet augmente ou baisse, le résultat n'est pas amélioré.

Critères	Domaine des critères	Préférence
Impact interne	[nul, faible, moyen, fort]	Gain
Impact externe	[nul, faible, moyen, fort]	Gain
Secteur	[aérospatiale, outil agricole, mécanique, aéronautique]	Aucune
Tr (taux participation PDG)	(continus)	Gain
$\tau$ (taux d'OIT par mois)	(continus)	Gain
$\alpha$ (Nb d'échanges directs par mois)	(continus)	Gain
Cp (complexité de la pièce)	[faible, moyenne, haute]	Aucune
$N_T$	(continus)	Gain
D (Durée)	(continus)	Aucune
$N_{OIT}$	(continus)	Gain
Subvention (S)	[non, modeste, conséquente]	Aucune
Market pull (Mp)	[oui, non]	Aucune
Col (collaboration)	[nul, faible, forte]	Gain
<b>Critère de décision</b>		
Résultat du projet	[Echec, Partiel, Réussite]	Gain

**Tableau 35. Relation entre les critères et le résultat d'un projet de Transfert de Technologie**

Dans la suite, nous exposons les résultats de l'application de l'outil à la table de décision.

### Le premier résultat : CORE

L'ensemble noyau (CORE) est vide. Ceci signifie l'absence de sélection d'attributs obligatoires parmi ceux pris en compte pour la classification des projets.

### Deuxième résultat : 14 ensembles réduits

Le Tableau 36 montre les 14 sous-ensembles réduits identifiés.

[1]	[2]	[3]
Tr	ImpactInterne, Secteur	ImpactExterne, alfa, Mp
tau	Secteur, Cp	alfa, $N_{OIT}$ , Mp
$N_T$	Secteur, S	alfa, Mp, Col
D	Secteur, Mp	
	ImpactInterne, alfa	
	alfa, Cp	
	alfa, S	

**Tableau 36. Les ensembles réduits classés par cardinal**

Rappelons qu'un ensemble réduit est un sous-ensemble d'attributs « importants » qui permettent de classifier tous les objets (résultat du projet) avec la même qualité d'approximation que l'ensemble original des attributs. Les ensembles réduits sont composés des attributs qui offrent la meilleure précision pour discerner les classes d'objet en écartant les attributs superflus. Nous citons par exemple l'attribut tau (taux d'OIT par mois) dont les valeurs sont corrélées avec la qualité du résultat final de chaque projet. En effet, quand la valeur de « tau » augmente, le résultat du projet est meilleur, indépendamment des autres attributs. Idem pour les attributs  $T_r$  (taux de participation du PDG) et  $N_T$  (Nombre total d'échanges). L'attribut de durée D est aussi identifié comme un ensemble réduit mais il ne

permet pas de classer les projets car il est sans préférence (aucune). Le sous-ensemble d'attribut {« Impact Interne », « Alpha » (nombre d'échanges directs par mois)}, permet de classer les projets. En effet, un Impact Interne fort implique la réussite du projet alors qu'un Impact Interne faible implique l'échec. Pour un Impact Interne moyen, le nombre d'échanges directs par mois ( $\alpha$ ) permet de partager les projets : Succès partiel (P) pour le projet B ( $\alpha \leq 0,33$ ) et succès total (R) pour les projets D et E ( $\alpha > 0,33$ ) conformément au Tableau 37.

Projet	Imp. Interne	Alpha $\alpha$	$d$ (décision)
A	Forte	0,42	R
B	Moyen	0,33	P
C	Faible	0,69	E
D	Moyen	0,78	R
E	Moyen	0,67	R

Tableau 37. Relation entre la décision et l'ensemble réduit {« Impact Interne », « Alpha »}

### Troisième résultat : une qualité d'approximation égale à 1

Le Tableau 38 montre que les frontières sont vides, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de projets non classifiés selon l'ensemble des attributs. La qualité d'approximation calculée est donc 1, ce qui signifie que les approximations sont certaines et qu'il n'y a pas d'inconsistances dans les résultats des projets par rapport aux valeurs des attributs. Rappelons que la qualité d'approximation est au plus égale à 1 et qu'elle décroît quand le nombre d'inconsistances (par exemple, deux objets ayant les mêmes valeurs d'attributs mais qui n'ont pas la même valeur de décision) augmente.

	Au plus Echech {E}	Au plus Succès Partiel {P, E}	Au moins Succès Partiel {P, R}	Au moins Succès total {R}
Approximation basse	1	2	4	3
Approximation haute	1	2	4	3
Frontière	0	0	0	0
<b>Qualité de l'approximation</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Tableau 38. Qualité de l'approximation

### Quatrième résultat : quatre règles de décision

Le Tableau 39 montre l'ensemble des règles de décision obtenues.

N° de la règle	Condition	Décision	Force	Niveau de certitude
R1	(S=non)	(Dec at most echec)	1	100%
R2	(tau<=1)	(Dec at most succès_partiel)	2	100%
R3	(tau>=1,08)	(Dec at least succès_total)	3	100%
R4	(tau>=1)	(Dec at least succès_partiel)	4	100%

**Tableau 39. Ensemble des règles**

### **Interprétation**

Les quatre règles de décision obtenues sont certaines :

1. Si (S=non) alors le résultat du projet est au plus « Echec ». Cette règle est vérifiée par le projet C.

Ainsi, l'obtention d'une subvention est identifiée comme attribut influent sur l'attribut décisionnel. Autrement dit, l'obtention d'une subvention est confirmée comme facteur de succès du projet de TT. En effet, l'obtention d'une subvention implique l'existence d'une relation contractuelle entre les financeurs et la PME. Cette relation permet une formalisation des objectifs du projet favorisant ainsi le succès de ce dernier.

2. Si (tau<=1) alors le résultat du projet est au plus « Succes\_partiel ». Cette règle est vérifiée par les projets B et C.
3. Si (tau>=1,08) alors le résultat du projet est au moins « Succes\_total ». Cette règle est vérifiée par les projets A, D et E.
4. Si (tau>=1) alors le résultat du projet est au moins « Succes\_partiel ». Cette règle est vérifiée par les projets A, B, D et E. C'est la règle la plus certaine car elle est vérifiée par le plus grand nombre de projets et offre la meilleure qualité d'approximation (force 4).

Ainsi, tau ( $\tau$ ), qui est rappelons-le le nombre d'OIT par mois (Nombre d'Objets Intermédiaires de Transfert ( $N_{OIT}$ ) divisé par la durée d'observation (D)), apparaît comme attribut influent sur l'attribut décisionnel. Sa valeur doit être supérieure à un pour que, dans notre panel, on constate un début de succès. Autrement dit, le nombre d'Objets Intermédiaires de Transfert par mois est déterminant pour le succès du projet de TT. Nous confirmons ainsi que le niveau de matérialisation dans les échanges entre les acteurs est fondamental.

## **5.3. Résultats : Analyses et conclusions**

Dans ce paragraphe, nous proposons d'exposer les résultats de l'expérimentation grâce aux deux approches d'analyses (comparative et multicritère). En mettant l'accent sur :

- les conclusions tirées des invariants identifiés,
- de la confrontation du modèle en cinq phases à la réalité du terrain,
- des bonnes pratiques induites par l'expérience sur le terrain,
- des constats mis en évidence.

### **5.3.1. Confirmation de la vision du processus de TT comme dynamique de compétences**

L'expérimentation a montré que le transfert de technologie est une construction de connaissances où chacun contribue. Cette construction entre les différents acteurs impliqués nécessite du temps. La durée d'un projet de transfert est mesurée en mois voire en années. Dans notre étude, la durée varie entre 3 et 24 mois.

Nous avons analysé la dynamique de compétences grâce à la notion de dominance. Cette notion est à étudier domaine d'expertise par domaine d'expertise (familles de sujets). La dominance absolue d'un acteur qu'il soit industriel ou académique n'existe pas. Aucune partie ne monopolise vraiment le processus de production de connaissances. Il y a une démarche de réelle construction où chacun apprend de l'autre au service d'un but commun : la résolution d'un problème technique. Par exemple, en détaillant les caractéristiques d'une pièce dont on vient de tester le brasage, le centre technique et les industriels apprennent et découvrent de nouveaux principes techniques ensemble et simultanément. Ainsi, on observe des phases d'acquisition de connaissances par intégration d'information de l'autre acteur du processus et des phases de construction collective et simultanée. Il y a donc un double processus : d'« apprentissage accompagné » et de « construction collective ». Notons que selon l'entreprise (et ses compétences initiales) et selon des variables externes (contexte économique, market pull, ...) et internes (niveau de formalisme, niveau de connaissance de départ, niveau d'organisation...), ce double processus se produit de manière différente et dans des domaines différents.

### **5.3.2. Le modèles du TT à cinq phases face au terrain : avantages et limites**

La confrontation à la réalité du terrain du modèle conceptuel à cinq phases, proposé sur la base de notre revue de la littérature, a montré sa pertinence. En effet, ce modèle permet de visualiser la dynamique du projet et de détecter certains dysfonctionnements tel que le rallongement non justifié du projet. Couplé avec une représentation des séquences d'OIT, ce modèle permet de décrire les phases du processus de TT. Ses principaux avantages comparé aux modèles existants sont la prise en compte de l'axe du temps et la phase « Contact / Niveau de confiance ». Celle-ci constitue la mémoire de la collaboration entre les acteurs du projet et joue un rôle critique dans la collaboration entre les acteurs. Le modèle en cinq phases a permis aussi d'étudier la variabilité des processus du TT et de démontrer la non linéarité au niveau micro. La validité du modèle reste à enrichir avec une confrontation plus longue au terrain. Il reste donc à développer et il est prématuré de le déclarer comme outil de pilotage. En effet, ce modèle a montré certaines limites puisque nous n'avons pas toujours pu strictement affecter des données expérimentales (micro) à une et une seule représentation du modèle (une donnée correspondant à une seule phase). De plus, la frontière entre les différentes phases reste floue et difficile à déterminer.

### **5.3.3. Le processus de TT est un processus non linéaire au niveau micro**

L'application du modèle en cinq phases, d'une part, et l'étude des séquences de famille de sujets et des OIT, d'autre part, ont permis de conclure que le processus de transfert n'est pas linéaire et unique.

La durée de chaque phase du modèle n'est pas fixe. Elle est fonction de la complexité de la pièce réalisée. D'autres variables influentes existent comme par exemple le nombre de collaborations antérieures entre les acteurs : la phase « Contact / Niveau de confiance » est généralement plus longue lors d'une première collaboration. Cette phase est plus brève s'il y a un historique de collaboration entre les parties prenantes.

Autre argument : la combinaison des phases n'est pas stable. Leur ordre d'apparition est hautement variable. De plus, le processus est itératif (une phase intervient à plusieurs reprises) mais cette itération ne répond à aucune règle pour notre panel.

De plus, les échanges dans un projet de TT dépassent souvent le cadre strict du projet. Le projet de transfert de technologie est séquencé par des collaborations parallèles par exemple des analyses défautologiques ou des expertises en métallurgie, des consultations pour mettre au point un procédé de brasage sur d'autres lignes de produit...

#### **5.3.4. Validation de 10 facteurs sur les 14 facteurs de succès étudiés expérimentalement**

Le Tableau 40 synthétise les facteurs de succès sélectionnés pour l'étude et les résultats de l'expérimentation. Sur les 14 facteurs de succès observés, nous avons validé dix (10) facteurs expérimentalement en observant des « phénomènes observables » qui leur sont associés au niveau micro. Pour les quatre facteurs restants, l'expérimentation n'a pas été suffisamment concluante pour les valider sur le terrain. Il est utile de rappeler à ce stade que tous ces facteurs ont été identifiés dans la littérature comme facteurs influents sur le TT.

N°	Famille de facteurs	Facteurs	Indicateurs impliqués	Constats impliqués	Validation	Commentaire
2	« Env. macro »	Appui financier et organisationnel régional	S	Cg. 8	Oui	L'obtention d'une subvention est validée comme facteur de succès par les deux approches comparative et multicritère. Au-delà, de la dimension financière, les subventions impliquent une relation contractuelle entre les financeurs et la PME. Cette relation permet une formalisation des objectifs du projet favorisant ainsi le succès de ce dernier. En effet, une subvention qui couvre même partiellement les coûts du projet permet de structurer les objectifs initiaux et d'effectuer des essais et des développements.
3		Contexte économique global	I <sub>c</sub>	Cg. 9	Oui	L'impact d'un contexte économique comme une crise mondiale a été validé grâce à l'approche comparative. En effet, la frontière de la PME reste perméable au contexte économique global. Le processus de transfert de technologie est loin d'être un processus déconnecté de la réalité économique.
5	« Env. micro »	Complexité de la configuration de TT	N <sub>p</sub>		Non	L'expérimentation n'a pas permis de conclure.
6		La demande du client final (Market pull)	M <sub>p</sub>	Cg. 10	Oui	L'existence d'un market-pull (pression du client final) influe clairement sur le succès des projets. Ainsi, les projets de TT ne sont pas de simples prestations techniques en réponse à un problème technique mais s'inscrivent dans une politique plus globale et doivent correspondre aux choix stratégiques de la direction.
9	« Humain »	Niveau d'interaction entre les acteurs	N, N <sub>T</sub> , CoI, τ		Non	L'expérimentation n'a pas permis de conclure.
10		L'existence d'un leader	L	Cg. 12	Oui	L'impact de l'existence d'un leadership a été validé par l'approche qualitative. L'existence d'un leadership influe clairement sur le succès des projets. Ainsi, les projets de TT ne sont pas de simples prestations techniques en réponse à un problème technique mais s'inscrivent dans le cadre d'une stratégie plus globale soutenue par les décideurs.
12		Adéquation des ressources	BE, NC	Cg. 7 Cg. 13	Oui	Le nombre de cadres participant au projet de TT a été validé par l'approche comparative. La mise à disposition de cadres permet de garantir les ressources nécessaires pour le projet et augmente le niveau de formalisme adopté améliorant les chances de succès du projet de transfert.

15		Implication du décideur	$N_r$ $T_r$	Cg. 11	Oui	L'implication du décideur a été validée comme facteur de succès. En effet, l'implication du décideur donne une légitimité au projet en interne et facilite la mobilisation des ressources en interne. De plus, un climat de confiance et d'apaisements accompagne les changements, en particulier s'ils sont conséquents.
16	« Organisation et méthodes »	Plan de travail avec des jalons et des livrables	$N_{OIT}$ /« Planning »		Non	L'expérimentation n'a pas permis de conclure.
22		Protection de la propriété intellectuelle	$NOIT$ /« Doc. définition et/ou synthèse »		Non	L'expérimentation n'a pas permis de conclure.
23		Le transfert de technologie comme un objectif	$Ob_T$	Cg. 15	Oui	L'affichage du TT comme objectif dès le début du projet a été validé comme facteur de succès par l'approche comparative. En effet, avoir le TT comme objectif de départ incite les acteurs à formaliser l'avancement du projet.
26		Formation	F	Cg. 16	Oui	L'accès de la PME à une formation dans le cadre du projet de transfert est validé comme facteur de succès par l'approche comparative. L'utilisation du mécanisme de formation améliore les chances d'intégration de la technologie. En effet, le mécanisme de formation permet de mieux préparer le personnel au changement lié à la modification de la technologie.
30	« Technologie »	Améliorer les pratiques de travail	Ap	Cg. 14	Oui	L'amélioration des pratiques des acteurs a été validée comme facteur de succès par l'approche comparative. La reconnaissance verbale par les acteurs de l'amélioration de leurs pratiques permet de légitimer les changements impliqués par la substitution technologique et crée un climat d'apaisement face aux changements qui est souvent source de stress particulièrement au niveau opérationnel.
36	« Produit »	Degré de complexité	$C_p$	Cg. 17 Cg. 18	Oui	Le degré de complexité des pièces réalisées est validé comme facteur influent sur le processus. En effet, l'augmentation de la complexité de la pièce a un impact fort sur l'organisation et le déroulement du processus. Cependant, seules les réactions des acteurs face aux conséquences de la complexité sont déterminantes pour le résultat final du projet.

Tableau 40. Validation des facteurs de succès par les deux approches

### **5.3.5. Proposition d'un facteur de succès supplémentaire : le niveau de matérialisation**

Au niveau de notre compréhension des phénomènes in situ, l'importance des OIT est établie par approche comparative et à l'aide de l'analyse multicritère. Les OIT ont un double rôle. Ils permettent de formaliser et/ou facilitent le processus de construction collective et simultanée de connaissances partagées par les acteurs. Ainsi, les objets jouent un rôle central. Ils permettent de planifier le projet : les échéances sont souvent définies pour le projet sous forme de livrable matériel à produire. Le niveau de matérialisation est alors un indicateur de la dynamique du projet. Le nombre d'Objets Intermédiaires de Transfert par mois  $\tau$  apparaît donc comme un nouveau facteur déterminant pour le succès du projet de TT. Sa valeur doit être supérieure à un ( $\tau > 1$ ) pour espérer un début de succès. En effet, cet indicateur agrège plusieurs dimensions (organisation, propriété intellectuelle,...). Ces dimensions se retrouvent dans les catégories d'OIT (par exemple : la propriété intellectuelle grâce à la catégorie « Doc. confidentialité / Propriété intellectuelle »).

### **5.3.6. Proposition de bonnes pratiques de pilotage du Transfert de Technologie au niveau micro**

Nous proposons, dans cette partie, une série de bonnes pratiques de pilotage du TT. Ce paragraphe est donc d'ordre empirique. Il nous est apparu en effet que, de l'observation et de la description des phénomènes au niveau « micro », toute une ingénierie s'avérait pertinente. Il reste bien évidemment à consolider ces propositions par des essais qui en confirmeraient la pertinence. Toutefois, on retrouve dans certaines de ces bonnes pratiques des opérations préconisées dans la littérature et qui se trouvent ici adaptées au cas du TT dans le domaine du brasage.

Les bonnes pratiques ont été présentées en cinq rubriques : (1) les sujets incontournables, (2) avant de démarrer le transfert, (3) formalisation et pilotage, (4) le TT est un processus non linéaire plus large que la dimension technique et (5) administration.

#### **Rubrique une : les sujets incontournables**

##### **▪ *La propriété intellectuelle, une question épineuse***

Les constats **Cs. 8** et **Co. 4** permettent de dire que les PME ne sont pas encore suffisamment avisées sur l'importance de la propriété intellectuelle. En effet, seul un projet sur les cinq observés, a abordé d'une manière superficielle cette question. On peut s'interroger sur le niveau de connaissance des entreprises concernant la Propriété Intellectuelle (PI), et sur le temps que les dirigeants et les structures d'appui sont prêts à y consacrer.

***Bonne pratique 1 : vérifier la discussion systématique de la propriété intellectuelle (PI) et, à défaut, négocier un cadre contractuel (confidentialité...) entre les partenaires (celui-ci étant évolutif et renégociable dans le temps). Notons que la PI pour un centre de TT pose le problème de ses relations avec les laboratoires d'origine et a un impact sur sa pérennité financière à long terme. Breveter nécessite du temps pour rédiger ou suivre la rédaction de documents confiée à un expert, mais surtout une négociation avec les entreprises. De plus, un coût y est associé. De ce fait, des obstacles de gestion du temps et financiers limitent l'engagement des centres de transfert en PI. Ceux-ci doivent alors faire face à une valorisation limitée de leur prestation puisqu'ils n'ont pas accès à une « valeur de long terme » issue d'éventuelles redevances.***

- ***La qualité est un sujet phare***

Le constat **Cs. 4** souligne l'importance de la qualité dans les préoccupations des PME. La qualité est un axe prioritaire pour les PME innovantes.

***Bonne pratique 2 : il est nécessaire de faire connaître à l'expert technique les contraintes qualité liées à la future activité. Et les prestations de transfert doivent intégrer un volet d'étude de l'impact de la nouvelle technologie sur le management préexistant de la qualité.***

- ***Faire de la veille, où en sont les PME ?***

Le constat **Cs. 10** souligne l'absence du sujet « Expertise générale ». Ce sujet traite du besoin de connaître son environnement à travers la veille, l'utilisation d'outils de l'intelligence économique. Cette absence peut s'expliquer par un manque d'information sur les moyens mis en place par les pouvoirs publics pour assister les entreprises dans ce domaine. Souvent, les PME souhaitent satisfaire ce besoin par des moyens propres ou se reposer sur leurs connaissances de leurs environnements. Mais leur investissement dans le domaine semble encore très limité.

***Bonne pratique 3 : il faut stimuler le recours à la veille et la possibilité d'accéder collectivement à des bases de données (plates-formes collaboratives) lors des réunions collectives du consortium.***

## **Rubrique deux : avant de démarrer le transfert**

- ***Le ciblage comme élément clé du démarrage du processus de TT***

Dans notre cas, nous avons montré que le travail de repérage des entreprises pouvant faire l'objet d'une substitution technologique par le brasage puis le ciblage sur des entreprises pouvant être intéressées par le consortium MATBRAZ sont essentiels.

***Bonne pratique 4 : une étude permettant la sélection des entreprises à associer à une opération de TT est à planifier.***

- ***Un expert, un réseau***

Le constat **Cs. 5** souligne l'importance du réseau de l'expert qui permet de faire accéder la PME à des partenaires et des ressources qui ne sont pas disponibles à l'entreprise autrement. Dans certains cas, l'expert va consulter des chercheurs et parfois des fournisseurs de matière première ou des équipementiers.

***Bonne pratique 5 : l'expert doit construire puis valoriser un réseau scientifique, de sous-traitants et de fournisseurs. Ainsi, il ne limitera pas son intervention à des problèmes qu'il peut résoudre en se basant sur sa seule compétence et ses ressources propres.***

## **Rubrique trois : formalisation et pilotage**

- ***Formaliser n'est pas un réflexe***

Les constats **Co. 1**, **Co. 7** et **Co. 10** permettent de dire que la formalisation dans le cadre d'un projet de TT n'est pas systématique ; ce qui est un frein pour la capitalisation et sans doute à l'efficacité voire au succès du TT. Ce manque de formalisme n'est pas relié au processus de TT mais plutôt aux exigences de la PME dans ce domaine. Il reste donc un travail de sensibilisation à faire auprès des PME et des experts pour mettre en valeur par écrit le savoir acquis dans une optique de réutilisation.

**Bonne pratique 6 :** les partenaires doivent veiller à un niveau de formalisme et méthodologique minimum. Ils doivent élaborer des diagrammes de tâches, et à chaque tâche doit être associé un OIT. On conseillera un OIT/mois minimum pour un projet de TT mené avec régularité. Parmi les résultats intermédiaires, il est impératif d'élaborer des documents de définition et de synthèse (rapports d'essais, définition du protocole expérimental, cahier des charges du procédé écrit ...). De plus, il convient de privilégier les réunions en interne (une réunion entre les différentes parties prenantes tous les 2 mois pour les projets de complexité moyenne à importante). Ces réunions seront préparées grâce à des méthodes comme l'Analyse Fonctionnelle (AF) et/ou le Quality Function Deployment (QFD). C'est l'alternance réunion interne / création d'OIT qui dynamise le projet de TT. Il faut donc tout mettre en œuvre pour atteindre rapidement la phase « essais » voire même faire des pré-essais et s'assurer de la disponibilité des personnes côté entreprise. Cette bonne pratique nécessite une évolution des manières de travailler des centres techniques.

▪ **Matérialiser sous la forme d'objets physiques est fondamental**

Les constats Co. 1, Co. 6, Cg. 19 et Cg. 20 permettent d'affirmer que l'apparition d'objets physiques joue un rôle important sur la confiance entre les partenaires pour attester des compétences techniques et rassurer sur un savoir-faire avant de conclure un accord ou un partenariat. On peut aussi supposer que, dans certains cas, il faut passer par la matérialisation pour comprendre l'ensemble des problèmes à résoudre. Ceci remet en cause une vision très traditionnelle de la conception technique, l'essai pouvant ici précéder la formalisation du problème. Toutefois, on peut aussi suggérer que le manque de formalisme de la phase de diagnostic des problèmes à résoudre ou des besoins à satisfaire (analyse de besoin presque jamais formalisé dans les cinq projets) rend cette procédure nécessaire. Enfin, le rôle de l'objet dans la dynamique de groupe a été souvent observé. Les personnes de l'entreprise comme du centre technique se rassemblent autour de l'objet et construisent des raisonnements. La collaboration est stimulée par la matérialisation.

**Bonne pratique 7 :** l'apparition d'OIT et plus particulièrement d'objets physiques doit commencer au plus tard dès le début de la phase « développement ». La phase « Contact / Niveau de confiance » peut être déjà une période intéressante pour réaliser des objets matériels. De manière plus générale, planifier un projet de TT c'est, entre autres, planifier à l'avance la réalisation de futurs OIT. De plus, il faut avoir au moins un OIT par mois pour avoir une bonne dynamique du TT.

▪ **Non linéarité du projet de TT**

Les constats Cg. 1, Cg. 3 et Cg. 6 permettent de confirmer que le processus d'innovation n'est pas linéaire et unique. Il y a par exemple des pièces créées avant de faire des plans. Dans les cinq études de cas observées, nous avons constaté que les séquences et la longueur des étapes du projet TT sont différentes. La limite entre les étapes du projet TT n'est pas toujours claire.

**Bonne pratique 8 :** il est de la responsabilité de l'expert (en accord avec le chef de projet de l'entreprise) de vérifier, dès le début du projet de TT, qu'un planning est mis en place et que le suivi des tâches et des OIT est cohérent en fonction : du profil de l'entreprise (taille, niveau de formalisme,...), du coût et de la complexité des pièces, du nombre d'entités intervenant sur chaque pièce, du nombre de cadres impliqués dans le projet, de la réglementation et des procédures qualité. De plus, le processus étant soumis à l'incertitude de la nouveauté, une démarche continue de révision de ce processus est indispensable pour éviter les dérives (délais entre autres). On peut considérer qu'en plus des échanges techniques et scientifiques, les partenaires doivent échanger sur le processus de transfert.

*Celui-ci peut être vu comme une série d'opérations unitaires à assembler dans un ordre ad-hoc et réajuster en cours de projet.*

- **Importance de l'implication des parties prenantes et du décideur**

Les constats **Cg. 11**, **Cg. 12** et **Cg. 13** confirment que l'implication des parties prenantes dans le projet de TT semble être cruciale. En effet, le processus de TT est basé en grande partie sur les relations humaines. De plus, il induit des changements dans les méthodes de travail et requiert du temps et des investissements avec des enjeux importants pour l'entreprise. Ces éléments sont sous la responsabilité du décideur dont l'implication devient un facteur de succès du processus de TT.

**Bonne pratique 9 : le taux de participation du décideur doit être au minimum d'une réunion sur quatre portant sur le transfert.**

- **Le transfert de technologie est un processus d'échange qui accroît les compétences des différents acteurs**

Selon les constats **Cg. 14**, **Cs. 7**, **Cs. 9**, **Cs. 11** et **Co. 8**, la connaissance n'est pas centralisée sur un acteur en particulier. En effet, la structure experte domine l'échange principalement dans les sujets « Technique / Technologie », la PME domine les échanges principalement dans les sujets « Marché », « Activité / Produit » et « Qualité ». Il y a égalité dans l'échange dans les sujets « Organisation et production », « coût » et « expertise personnalisée ». Le TT est un processus de construction de connaissances. De plus, les caractéristiques du projet et de la PME influent sur la dominance de cette dernière dans l'échange.

**Bonne pratique 10 : il semble que la création d'un pool de compétences allant au-delà du couple entreprise / expert soit à proposer. Il est nécessaire d'adapter les ressources mises en place pour réaliser le transfert. La possibilité d'avoir un pool d'experts avec des compétences différentes semble pertinente ; par exemple, dans notre cas on pourrait envisager la présence d'un spécialiste de la supply chain et de l'organisation des machines dans le cas du projet B. Ceci remet en cause les manières de procéder le plus souvent répandues. De plus, des activités partagées (entre l'entreprise et les experts) de veille et de formation facilitent ce phénomène de construction de connaissances.**

- **Importance de la qualité des équipements**

Sur le terrain nous avons constaté l'importance d'avoir accès à des équipements adaptés dans la dynamique du projet de TT. Le pôle MATBRAZ s'appuie sur des équipements de haute technologie mis à disposition par différentes équipes universitaires. A chaque problème industriel scientifiquement complexe correspondait un instrument disponible pour des essais ou du contrôle.

**Bonne pratique 11 : l'accès à des installations de très haut niveau pour réaliser des essais et du contrôle doit être simple. Ceci impose des procédures et des accords préalables pour éviter les problèmes de confrontation entre des intérêts industriels et académiques.**

- **Une réactivité forte**

Dans tous les cas observés d'intégration de l'entreprise au réseau MATBRAZ, on constate que le délai entre la visite, la proposition d'une intervention puis les premiers essais est très court (en moyenne deux semaines environ). Ceci est jugé important par les entreprises.

**Bonne pratique 12 : la disponibilité de l'expert en termes de rédaction d'un programme de collaboration avec l'entreprise est un facteur clé de succès. Au-delà du temps nécessaire, ceci nécessite d'une part une capacité de l'expert à synthétiser des données scientifiques et des problématiques purement industrielles et d'autre part une aptitude à vulgariser les dimensions scientifiques dans son discours.**

- **L'expert comme agent d'ouverture de l'entreprise**

Dans certains projets observés, l'expert a suggéré puis a organisé la collaboration avec d'autres partenaires pertinents : fournisseur, client potentiel... Ce tiers vient s'intégrer au projet.

**Bonne pratique 13 : l'expert doit être force de proposition pour passer de projets de TT bipartite entreprise / expert à des projets multipartenaires. L'évaluation des bailleurs de fonds peut intégrer cette dimension.**

### **Rubrique quatre : le TT est un processus non linéaire plus large que la dimension technique**

- **Le transfert de technologie n'est jamais purement technique**

Les Cs. 1 et Cs. 9 permettent d'affirmer qu'il n'y a pas de transfert de technologie sans modification de l'ensemble des sous-activités de l'entreprise : le management de la qualité par exemple. Le transfert de technologie n'est quasiment jamais purement technique quand il est observé sur le long terme. On constate donc souvent des demandes d'appui dans le domaine organisationnel de la part des entreprises et même une aide à la mise en place de solutions hors du champ scientifique du brasage.

**Bonne pratique 14 : il est nécessaire de former l'expert à des problématiques d'organisation et d'optimisation de mise en place ou de faire appel à un pool d'experts. Ainsi, c'est un conseil en technique, commercialisation, organisation, supply chain, identification des fournisseurs... qu'il faut adresser aux entreprises.**

- **L'implication rapide de l'expert du transfert dans le processus de conception des pièces brasées**

Réaliser un nouveau procédé de brasage impose certains choix de conception comme la nature des matériaux de base, la taille du jeu, des critères de mouillabilité... Tout cela peut remettre en question la conception de départ de la pièce à braser. Une intervention en amont de l'expert peut représenter un gain de temps et d'argent.

**Bonne pratique 15 : il faut associer le plus tôt possible l'expert en transfert de brasage au stade de la conception. Ainsi, l'expert ne doit pas être cantonné à des conseils au moment de prévoir le procédé de fabrication. Il doit donner son avis en amont, lors des décisions techniques sur les pièces. Ceci impose bien évidemment une plus grande disponibilité de l'expert et donc son potentiel d'intervention est à vérifier.**

### **Rubrique cinq : administration**

- **L'existence d'objets qui apparaissent systématiquement dans les projets de transfert.**

Les constats Co. 3 et Co. 5 mettent en évidence l'existence d'objets clefs : « Propositions techniques », « Pièces à analyser » et « Rapports d'essais ».

**Bonne pratique 16 : les bailleurs de fonds doivent vérifier que ces éléments clefs figurent dans les propositions de collaboration qui leur sont adressées.**

▪ ***Le transfert de technologie n'est pas un "on-off" activité***

Le constat Cg. 3 confirme que le projet de TT est le point de départ d'un processus continu d'apprentissage et de collaboration entre la PME et la structure experte. Au cours du projet, des échanges extra-projets peuvent se produire. La phase « Contact / Niveau de confiance » est alors mise à jour. Cette dernière constitue la mémoire de la relation entre les différents participants.

***Bonne pratique 17 : le financement d'un projet de TT sous forme d'une aide accordée à un moment donné peut ensuite nécessiter un accompagnement plus long, l'expert et l'entreprise mettant en œuvre un processus pérenne de construction de connaissances. Des formules de collaborations complémentaires à des contrats de prestation limitées dans le temps sont à envisager. Dans de nombreux cas, la notion de centre d'expertise partagé semble convenir. Ceci nécessiterait une implication plus forte des entreprises clientes du centre de transfert dans son fonctionnement en particulier au niveau financier.***

Le Tableau 41 présente une synthèse des bonnes pratiques en cinq familles et les acteurs concernés par chaque famille de bonnes pratiques.

Familles des bonnes pratiques	Bonnes pratiques	Acteurs principaux concernés
Sujets incontournables	<p><i>Bonne pratique 1 : vérifier la discussion systématique de la propriété intellectuelle (PI) et, à défaut, négocier un cadre contractuel (confidentialité...) entre les partenaires (celui-ci étant évolutif et renégociable dans le temps). Notons que la PI pour un centre de TT pose le problème de ses relations avec les laboratoires d'origine et a un impact sur sa pérennité financière à long terme. Breveter nécessite du temps pour rédiger ou suivre la rédaction de documents confiée à un expert, mais surtout une négociation avec les entreprises. De plus, un coût y est associé. De ce fait, des obstacles de gestion du temps et financiers limitent l'engagement des centres de transfert en PI. Ceux-ci doivent alors faire face à une valorisation limitée de leur prestation puisqu'ils n'ont pas accès à une « valeur de long terme » issue d'éventuelles redevances.</i></p> <p><i>Bonne pratique 2 : il est nécessaire de faire connaître à l'expert technique les contraintes qualité liées à la future activité. Et les prestations de transfert doivent intégrer un volet d'étude de l'impact de la nouvelle technologie sur le management préexistant de la qualité.</i></p> <p><i>Bonne pratique 3 : il faut stimuler le recours à la veille et la possibilité d'accéder collectivement à des bases de données (plates-formes collaboratives) lors des réunions collectives du consortium.</i></p>	Financeurs
Avant de démarrer le transfert de Technologie	<p><i>Bonne pratique 4 : une étude permettant la sélection des entreprises à associer à une opération de TT est à planifier.</i></p> <p><i>Bonne pratique 5 : l'expert doit construire puis valoriser un réseau scientifique, de sous-traitants et de fournisseurs. Ainsi, il ne limitera pas son intervention à des problèmes qu'il peut résoudre en se basant sur sa seule compétence et ses ressources propres.</i></p>	Centre de TT Financeurs
Formalisation et pilotage	<p><i>Bonne pratique 6 : les partenaires doivent veiller à un niveau de formalisme et méthodologique minimum. Ils doivent élaborer des diagrammes de tâches, et à chaque tâche doit être associé un OIT. On conseillera un OIT/mois minimum pour un projet de TT mené avec régularité. Parmi les résultats intermédiaires, il est impératif d'élaborer des documents de définition et de synthèse (rapports d'essais, définition du protocole expérimental, cahier des charges du procédé écrit...). De plus, il convient de privilégier les réunions en interne (une réunion entre les différentes parties prenantes tous les 2 mois pour les projets de complexité moyenne à importante). Ces réunions seront préparées grâce à des méthodes comme l'Analyse Fonctionnelle (AF) et/ou le Quality Function Deployment (QFD). C'est l'alternance réunion interne / création d'OIT qui dynamise le projet de TT. Il faut donc tout mettre en œuvre pour atteindre rapidement la phase « essais » voire même faire des pré-essais et s'assurer de la disponibilité des personnes côté entreprise. Cette bonne pratique nécessite une évolution des manières de travailler des centres techniques.</i></p> <p><i>Bonne pratique 7 : l'apparition d'OIT et plus particulièrement d'objets physiques doit commencer au plus tard dès le début de la phase « développement ». La phase « Contact / Niveau de confiance » peut être déjà une période intéressante pour réaliser des objets matériels. De manière plus générale, planifier un projet de TT c'est, entre autres, planifier à l'avance la réalisation de futurs OIT. De plus, il faut avoir au moins un OIT par mois pour avoir une bonne dynamique du TT.</i></p> <p><i>Bonne pratique 8 : il est de la responsabilité de l'expert (en accord avec le chef de projet de l'entreprise) de vérifier, dès le début du projet de TT, qu'un planning est mis en place et que le suivi des tâches et des OIT est cohérent en fonction : du profil de l'entreprise (taille, niveau de formalisme,...), du coût et de la complexité des pièces, du nombre d'entités intervenant sur chaque pièce, du nombre de cadres impliqués dans le projet, de la réglementation et des procédures qualité. De plus, le processus étant soumis à l'incertitude de la nouveauté, une démarche continue de révision de ce processus est indispensable</i></p>	Centre de TT PME

Familles des bonnes pratiques	Bonnes pratiques	Acteurs principaux concernés
	<p><i>pour éviter les dérives (délais entre autres). On peut considérer qu'en plus des échanges techniques et scientifiques, les partenaires doivent échanger sur le processus de transfert. Celui-ci peut être vu comme une série d'opérations unitaires à assembler dans un ordre ad-hoc et réajuster en cours de projet.</i></p> <p><i>Bonne pratique 9 : le taux de participation du décideur doit être au minimum d'une réunion sur quatre portant sur le transfert.</i></p> <p><i>Bonne pratique 10 : il semble que la création d'un pool de compétences allant au-delà du couple entreprise / expert soit à proposer. Il est nécessaire d'adapter les ressources mises en place pour réaliser le transfert. La possibilité d'avoir un pool d'experts avec des compétences différentes semble pertinente ; par exemple, dans notre cas on pourrait envisager la présence d'un spécialiste de la supply chain et de l'organisation des machines dans le cas du projet B. Ceci remet en cause les manières de procéder le plus souvent répandues. De plus, des activités partagées (entre l'entreprise et les experts) de veille et de formation facilitent ce phénomène de construction de connaissances.</i></p> <p><i>Bonne pratique 11 : l'accès à des installations de très haut niveau pour réaliser des essais et du contrôle doit être simple. Ceci impose des procédures et des accords préalables pour éviter les problèmes de confrontation entre des intérêts industriels et académiques.</i></p> <p><i>Bonne pratique 12 : la disponibilité de l'expert en termes de rédaction d'un programme de collaboration avec l'entreprise est un facteur clé de succès. Au-delà du temps nécessaire, ceci nécessite d'une part une capacité de l'expert à synthétiser des données scientifiques et des problématiques purement industrielles et d'autre part une aptitude à vulgariser les dimensions scientifiques dans son discours.</i></p> <p><i>Bonne pratique 13 : l'expert doit être force de proposition pour passer de projets de TT bipartite entreprise / expert à des projets multipartenaires. L'évaluation des bailleurs de fonds peut intégrer cette dimension.</i></p>	
<p><b>TT est un processus non linéaire plus large que la dimension technique</b></p>	<p><i>Bonne pratique 14 : il est nécessaire de former l'expert à des problématiques d'organisation et d'optimisation de mise en place ou de faire appel à un pool d'experts. Ainsi, c'est un conseil en technique, commercialisation, organisation, supply chain, identification des fournisseurs... qu'il faut adresser aux entreprises.</i></p> <p><i>Bonne pratique 15 : il faut associer le plus tôt possible l'expert en transfert de brasage au stade de la conception. Ainsi, l'expert ne doit pas être cantonné à des conseils au moment de prévoir le procédé de fabrication. Il doit donner son avis en amont, lors des décisions techniques sur les pièces. Ceci impose bien évidemment une plus grande disponibilité de l'expert et donc son potentiel d'intervention est à vérifier.</i></p>	<p><b>Centre de TT PME</b></p>
<p><b>Administration</b></p>	<p><i>Bonne pratique 16 : les bailleurs de fonds doivent vérifier que ces éléments clefs figurent dans les propositions de collaboration qui leur sont adressées.</i></p> <p><i>Bonne pratique 17 : le financement d'un projet de TT sous forme d'une aide accordée à un moment donné peut ensuite nécessiter un accompagnement plus long, l'expert et l'entreprise mettant en œuvre un processus pérenne de construction de connaissances. Des formules de collaborations complémentaires à des contrats de prestation limitées dans le temps sont à envisager. Dans de nombreux cas, la notion de centre d'expertise partagé semble convenir. Ceci nécessiterait une implication plus forte des entreprises clientes du centre de transfert dans son fonctionnement en particulier au niveau financier.</i></p>	<p><b>Financeurs</b></p>

**Tableau 41. Tableau de synthèse des bonnes pratiques regroupées par famille**

## 5.4. Conclusions du chapitre

Ce chapitre concernant la partie expérimentale est le plus long du mémoire, ce qui traduit la part importante des tâches d'élaboration du protocole expérimental, de la collecte et de l'interprétation des données dans notre travail de thèse. Il nous a conduits à une meilleure compréhension des phénomènes in situ mais aussi à des conclusions relatives à notre problématique.

Au niveau théorique, nous pouvons conclure de la pertinence du modèle en cinq phases. Selon l'approche constructiviste, il a rendu possible une analyse et une construction de données interprétables et il est « enseignable » dans la mesure où il permet à des acteurs externes à la recherche de mieux comprendre le processus de TT. Toutefois, ce méta-modèle a montré ses limites dans une approche multi-échelle (méso et micro niveaux) puisque nous n'avons pas toujours pu strictement affecter des données expérimentales (micro) à une et une seule représentation du modèle (une donnée correspondant à une seule phase).

En ce qui concerne la dynamique des connaissances, la notion de dominance montre que l'on doit discuter des domaines d'expertise de chaque acteur impliqué. Dans certains domaines, l'un des acteurs est dominant, il apporte des informations qui facilitent l'acquisition de connaissances de l'autre acteur. C'est le cas dans certaines entreprises sur les informations scientifiques. Dans d'autres domaines, la dominance n'est que temporaire ou même absente. De ce fait, on peut distinguer clairement une dynamique d'échange et une dynamique de création collective. En détaillant les caractéristiques d'une pièce dont on vient de tester le brasage, le centre technique et les industriels apprennent et découvrent de nouveaux principes techniques ensemble et simultanément. Ainsi, on observe des phases d'acquisition de connaissances par intégration d'information de l'autre acteur du processus et des phases de construction collective et simultanée. Il y a donc un double processus : « d'apprentissage accompagné » et de « construction collective ». Notons que selon l'entreprise (et ses compétences initiales) et selon des variables externes et internes, ce double processus se produit de manière différente et dans des domaines différents.

Au niveau de notre compréhension des phénomènes in situ, quelques éléments clés sont à noter. Premièrement, l'importance des OIT est établie par approche comparative et à l'aide de l'analyse multicritère. Les OIT ont un double rôle. Ils permettent et/ou facilitent le processus vu précédemment de construction collective et simultanée de connaissances partagées par les acteurs. C'est par confrontation à la matière qu'émergent les connaissances. Ceci est peut être particulier au secteur de la métallurgie. Mais aussi au fait que l'entreprise ne faisant pas de veille, elle ne se confronte pas à la théorie métallurgique simultanément avec l'expert du centre de transfert. Ainsi, l'OIT prend un rôle central. Mais les OIT permettent aussi de planifier le projet : les échéances sont souvent définies pour le projet sous forme de suites d'OIT à produire. Notons que ceci est sans doute dû à l'incertitude associée à l'innovation mais aussi au fait que les entreprises de notre panel attestent de carences en matière de planification des tâches de conception.

On peut également relever le rôle important de certaines variables : la complexité de la pièce ou du procédé à élaborer, le nombre d'intervenants dans le projet et dans notre cas les interactions entre le brasage, l'organisation industrielle et les spécifications du produit à braser.

Il apparaît que les facteurs clés de succès du TT recueillis dans la littérature et leur déclinaison sous forme d'indicateurs évaluables, nous ont permis de mettre en lumière certains phénomènes, par exemple, l'influence de la complexité des pièces et des procédés à élaborer sur la nature du processus de transfert, sur la séquence des phases du projet (modèle)

et des OIT. Il est à noter que le nombre élevé d'indicateurs explique l'importance des tâches de collecte dans ce travail de recherche. Sans doute serait-il possible de proposer d'autres indicateurs relatifs aux mêmes phénomènes à observer pour confirmer nos conclusions. Une question subsiste sur l'aspect générique de ses indicateurs. Notre choix a été basé, entre autres, sur la taille des entreprises et l'accès à l'information. Sans doute d'autres indicateurs seraient envisageables dans un autre contexte. Enfin, rappelons que nous n'avons pas abordé les variables sociologiques du TT.

Nous avons élaboré une liste de « bonnes pratiques » qui concernent les acteurs du TT et donc les structures et individus qui sont concernés par le pôle MATBRAZ. Ces bonnes pratiques portent sur des sujets qui nous semblent à approfondir dans les échanges comme par exemple, la PI (propriété intellectuelle). Il y a dans notre panel des domaines d'études qui ont été clairement peu abordés par les intervenants. La posture de l'expert est aussi discutée. Il apparaît que les apports d'expertise seraient plus pertinents en s'appuyant sur un plus grand formalisme et une intégration plus en amont de toutes les variables à traiter (intégrer les problèmes d'organisation industrielle plus en amont par exemple). Le financeur a aussi un rôle clef. Le dispositif d'appui à l'innovation n'ayant pas été étudié, une certaine prudence est de mise, toutefois les exigences du financeur et les livrables attendus par celui-ci ont un impact sur le TT. Enfin, on retrouve dans le domaine du TT des préconisations liées classiquement au pilotage de l'innovation. Entre autres, puisqu'il n'existe pas de processus type « idéal », les compétences des acteurs pour construire le processus de travail collectif est un facteur clef de succès.

## **Chapitre 6. Conclusions générales, discussion, et perspectives**

« Jusqu'à présent, les hommes n'ont trouvé d'autre chemin vers la vérité que l'erreur. »

**Nicolae Iorga**

Dans ce chapitre, nous proposons d'effectuer une prise du recul sur les résultats obtenus et d'exposer jusqu'à quel niveau nous avons répondu à la problématique de recherche. Ainsi, nous espérons, en précisant les limites de cette thèse, susciter des pistes de recherche complémentaires pour l'avenir tant le sujet nous apparaît loin d'avoir épuisé toutes les voies de compréhension qu'offrent les sciences d'ingénieur. Ce faisant, nous rappelons à l'entendement du lecteur non seulement les résultats théoriques en termes de modèles, pratiques et invariants mis en évidence lors de l'étude du processus de transfert de technologie et qui justifient cette thèse, mais aussi les modalités qui ont permis l'aboutissement de ces résultats à travers les éléments méthodologiques. De ce fait, et compte tenu des spécificités des résultats obtenus, le plus beau resterait-il encore à venir pour l'étude du transfert de technologie ? C'est du moins ce que nous souhaitons à travers ces quelques éléments de réflexion proposés dans ce chapitre.

### **Conclusions et contributions**

Les enseignements issus de cette thèse apparaissent multiples. Ils sont listés dans le Tableau 42.

Le premier enseignement est tout d'abord d'ordre méthodologique : la pratique a montré que, loin des processus linéaires, la recherche appliquée s'inscrit dans une démarche complexe nécessitant une certaine souplesse dans l'interaction du chercheur avec son terrain. La difficulté principale réside alors dans la nécessité de pouvoir concilier adaptabilité et rigueur. Or, souvent, le garant de cette dernière est compris comme étant le fait d'avoir réussi à suivre au plus près une planification méthodologique définie a priori.

Le chercheur doit gérer un matériau complexe et imprévisible, ce qui est particulièrement inconfortable intellectuellement. Il doit, de plus, faire face à un travail multitâche qui englobe autant la gestion logistique de la recherche que celui de l'intégration des observations. Ces éléments apparaissent en effet étroitement liés. En effet, tout choix méthodologique aura des répercussions sur le contenu des observations. De la même manière, celles-ci influenceront en retour sur les orientations méthodologiques et théoriques. L'humilité du chercheur réside alors à ne pas vouloir combattre cette imprévisibilité des observations qui permet la mise en place d'un processus d'apprentissage. N'oublions pas que toute recherche est censée vouloir apporter une forme de nouveauté mais correspond aussi à un processus d'apprentissage du chercheur.

Le deuxième enseignement est d'ordre théorique : en ce qui nous concerne, il ressort de l'observation de nos cinq cas d'étude que l'élément central qui peut caractériser le processus de transfert de technologie entre un centre de transfert et une PME est la

bidirectionnalité. Loin d'être une relation « émetteur-récepteur », le transfert de technologie a été validé expérimentalement comme une construction où les parties prenantes améliorent leurs savoir-faire. Cette dynamique de compétence semble alors constituer un avantage non négligeable pour faire face aux nombreuses difficultés que pose le transfert de technologie : à la nécessaire capacité d'adaptation répond l'imbrication des différentes compétences des acteurs, à la difficile quête des informations répond l'intégration des acteurs clefs par des échanges de personnels et des formations.

De plus, sur les quatorze facteurs testés expérimentalement, dix ont été validés. Ces facteurs font partie de 37 facteurs que nous avons identifiés dans notre revue de la littérature et dont nous avons proposé une classification en cinq familles : « Environnement », « Produit », « Humain », « Technologie » et « Organisation et méthodes ». En addition, nous avons identifié et validé expérimentalement un nouveau facteur de succès. Ce facteur souligne l'importance des objets intermédiaires dans le projet. Plus particulièrement, le concept d'Objet Intermédiaire de Transfert (OIT) a été introduit pour illustrer l'importance de la dimension matérielle dans les flux d'échanges de connaissances entre les acteurs impliqués dans un projet de TT. L'ensemble des facteurs validés et des modèles conceptuels proposés sont une ébauche d'un tableau de bord pour piloter le TT.

Le troisième enseignement est d'ordre pratique : la méthodologie d'observation et les outils pour l'observation (grille de récapitulation, grille d'observation) et la liste de phénomènes observables reliés aux facteurs de succès sont autant d'outils qui peuvent être réutilisés dans le cadre d'une étude clinique d'un projet d'innovation technologique.

Enseignements théoriques	Enseignements pratiques
<p><b>Meilleure compréhension du processus de TT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revue des modèles descriptifs</li> <li>• Vérification expérimentale de la non-linéarité du processus de TT</li> <li>• Classification des facteurs de succès</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthodologie d'observation</li> <li>• Identification de phénomènes observables reliés aux facteurs de succès</li> <li>• Proposition d'outils pour l'observation (grille de récapitulation, grille d'observation)</li> </ul>
<p><b>Meilleur pilotage du projet de TT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposition d'un modèle avec une vision système</li> <li>• Proposition d'un modèle avec une vision processus</li> <li>• Proposition d'indicateurs pour le pilotage du projet de TT</li> <li>• Proposition de facteur de succès relié à la dynamique de l'échange dans la famille « Organisation et méthodes »</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Enseignements méthodologiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Face à un matériau complexe et imprévisible adopter un travail multitâche qui englobe autant la gestion logistique de la recherche que celui de l'intégration des observations.</li> <li>• S'armer de rigueur pour contrer les dérives liées à l'immersion dans le terrain</li> </ul>

**Tableau 42. Les enseignements de la thèse**

La contribution majeure de notre recherche est la clarification de la dynamique des échanges entre un centre de transfert et une PME pour les rendre plus tangibles. L'exploitation des données récoltées dans la partie expérimentale, a permis de mettre en valeur la bidirectionnalité et la construction de connaissances lors de ces échanges. Nous avons vérifié expérimentalement que le centre de transfert a enrichi ses connaissances dans le

cadre du transfert de technologie. L'autre sens est largement admis et argumenté dans la littérature.

L'exploitation des données récoltées a permis également de développer des bonnes pratiques qui sont à la fois utiles pour le pilotage du processus de TT et pour l'évaluation des projets de TT par des financeurs. En effet, les résultats de notre recherche s'adressent aussi bien à la communauté scientifique qu'aux structures publiques qui œuvrent pour promouvoir l'économie régionale. L'adoption des bonnes pratiques proposées dans cette thèse permettront aux structures régionales de favoriser les projets de transfert de technologie et aux entreprises de bien les piloter. C'est dans ce cadre que nous avons pris conscience de l'impact de la recherche au niveau économique régional et national.

Dans le Tableau 43, nous listons nos contributions dans un ordre temporel :

Durant la première année de cette thèse, nous avons formulé la problématique et exploité les modèles descriptifs de la recherche. Aussi, nous avons proposé une classification des facteurs de succès identifiés grâce à notre synthèse bibliographique. Ensuite nous avons proposé une méthodologie et des outils d'observation. Ces outils ont permis la collecte des données durant la partie expérimentale qui a duré jusqu'à la fin de la troisième année.

Durant la deuxième année, à la lumière des modèles identifiés dans la littérature, nous avons proposé un modèle à vision processus composé par cinq phases. Nous avons aussi introduit le concept d'Objet Intermédiaire de Transfert inspiré du concept des Objets Intermédiaires de Conception. Nous avons introduit aussi le concept de dominance par famille de sujets au niveau des échanges oraux entre les acteurs d'un projet de TT. Nous avons proposé un modèle à vision systémique qui formalise le projet de transfert de technologie et le conceptualise comme une dynamique de compétences grâce au concept de l'entreprise virtuelle. Ce modèle permet de cartographier les interrelations entre les acteurs clefs impliqués dans le projet de transfert de technologie.

Durant la troisième année, grâce à l'analyse des données récoltées lors de l'expérimentation, nous avons identifié les invariants du processus de transfert. Aussi, nous avons proposé des bonnes pratiques et identifié le niveau de matérialisation comme facteur de succès. Nous avons proposé l'indicateur, nombre d'OIT produits par mois. Enfin, nous avons synthétisé nos travaux et résultats dans ce manuscrit.

1 <sup>ère</sup> année	2 <sup>ème</sup> année	3 <sup>ème</sup> année
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les questions de la recherche</li> <li>• Taxonomie des modèles descriptifs de la recherche</li> <li>• Classification des facteurs</li> <li>• Outils d'observation</li> <li>• Méthodologie d'observation</li> <li>• Sélection des entreprises pour la partie expérimentale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposition du modèle à vision processus à cinq phases</li> <li>• Introduction du concept d'Objet Intermédiaire de Transfert OIT</li> <li>• Introduction du concept de dominance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposition du modèle à vision systémique</li> <li>• Mise en place des indicateurs de performance</li> <li>• Identification des invariants</li> <li>• Proposition des bonnes pratiques</li> <li>• Identification du niveau de matérialisation comme facteur de succès</li> <li>• Manuscrit</li> </ul>

**Tableau 43. Contributions majeures de la thèse**

A la fin de notre recherche, nous rejoignons la position de (Lejosne 2006) : «Nous avons pu constater toute l'importance de réseaux sociotechniques et du rôle déterminant de l'homme mais aussi de la technologie. Dans ce cadre, la compréhension du transfert de

technologie semble ne pas relever d'un processus linéaire mais bien plus d'un équilibre multipolaire ».

Cette étude nous a permis de progresser vers une meilleure compréhension du processus de TT. Cependant, ce travail ne s'est pas déroulé sans difficultés. Sans surprise, la principale difficulté d'une étude portant sur les PME pointe inévitablement sur leur diversité et la difficulté qui en résulte pour uniformiser les conclusions. Cette difficulté a été surmontée grâce à la mixité de la nature des données collectées : qualitatives et quantitatives et l'utilisation de deux méthodes d'analyses : une méthode comparative et une méthode multicritère basée sur la théorie des ensembles approximatifs.

Toute recherche se trouve confrontée à des limites liées le plus souvent à sa spécificité et ses objectifs initiaux. Il nous semble plus profitable d'essayer de les présenter et de les analyser afin que les travaux ultérieurs puissent s'appuyer sur cette contribution à partir de bases les plus précises possibles. L'enrichissement des connaissances est à ce prix : les faiblesses de toute recherche peuvent servir de tremplin pour confirmer, infirmer, affiner les résultats présentés. En cohérence avec l'argumentation constructiviste que nous avons développée au début de ce document, nous avons conscience de participer à un processus de découverte, de compréhension et d'apprentissage qui nous dépasse largement.

### **Discussion et perspectives**

La première limite de notre recherche est d'ordre contextuel : dans quelle mesure les éléments contextuels inhérents à toute recherche inductive avec une composante qualitative influent-ils sur la validité des résultats ?

L'étude des PME paraît devoir offrir un cadre homogène. Pourtant, certaines spécificités demeurent à l'instar des statuts différents qui caractérisent ces PME ; en généralisant, ne mettons-nous pas abusivement de côté certains éléments déterminants dans le processus observé ? Dans notre cas, par exemple, on a constaté que le niveau de formalisation influence largement le projet de transfert de technologie. Cependant, ce niveau dépend de la culture interne de l'entreprise. Les éléments de théories proposés par (Lejosne 2006) basés sur les travaux de (Julien 1997) semblent répondre par la négative à la question spécifique des PME et de leur diversité. (Lejosne 2006) constate que les théories sur les PME ont souvent servi de préludes à celles spécifiques des grandes entreprises. Il rappelle que les PME sont parfois considérées comme plus faciles à comprendre que les grandes entreprises et servent donc à simplifier la complexité de ces dernières afin de permettre la théorisation. La frontière entre les éléments contextuels déterminants et ceux qui ne le sont pas apparaît ainsi difficile à déterminer.

La seconde limite est relative aux choix effectués dans le cadre de cette recherche. En effet, les transferts technologiques observés ont en commun d'avoir été observés au niveau micro avec un observateur intégré dans l'équipe du centre de transfert de technologie. La vision de la PME a été donc abordée à travers ce prisme qui, à notre avis, a introduit sans doute des imprécisions. Dans quelle mesure notre approche de chercheur impacte-t-elle les résultats obtenus ? La réponse n'est pas évidente tant il s'agit d'un positionnement a priori du chercheur vis-à-vis de son terrain couplé à des facteurs aussi bien objectifs que subjectifs. Il en va de même du choix d'étudier des projets en cours de réalisation, à l'inverse des recherches qui ont analysé des projets a posteriori avec plus de recul et de détachement. Notre approche a certainement l'avantage de recueillir « la réalité » au plus près de son déroulement temporel et géographique comparée à une étude qui se déroulerait a posteriori mais cette proximité avec l'objet d'étude crée de nouveaux biais à savoir l'impact du chercheur sur son propre objet d'étude et une absence d'évaluation à long terme des pratiques de TT.

Enfin, la troisième limite est d'ordre méthodologique : avec cinq cas, la généralisation est à prendre avec précaution. Cependant, en fournissant des détails sur le terrain, il est possible d'étudier la transposition ou non des conclusions à d'autres situations. Ces conclusions, rappelons-le, découlent des faits observés. Le rappel des cas constitue le garant de l'interprétation des conclusions obtenues.

En termes de perspectives à nos travaux, trois pistes nous paraissent incontournables : la première est une étude plus approfondie des données dont nous disposons en explorant la piste de traitement à l'aide des réseaux bayésiens, ceci afin d'assurer le principe de triangulation des résultats obtenus.

La deuxième piste est d'approfondir les modèles proposés. Le modèle en cinq phases permet de mieux comprendre les phénomènes empiriques. Par contre, en termes analytiques, il est souvent difficile d'affecter une donnée brute d'observation à une et une seule phase du modèle. Notre travail dans ce domaine mérite sans doute d'être approfondi. Les deux modèles proposés doivent être complétés par d'autres sous-modèles pour descendre au niveau micro décrit d'une manière précise.

La troisième piste porte sur la notion d'approche collaborative. En effet, nous nous sommes concentrés sur des relations entreprise / centre de transfert tout en concluant sur l'intérêt de créer des pools de compétences. On peut alors aborder plus généralement la notion de TT par clustering ou grappe d'entreprises et grappes d'experts. Le thème général serait la compréhension des phénomènes liés aux processus de transfert impliquant des collectifs de structures (entreprises et experts indépendants). Les projets dits d'« open innovation » impliquant différentes entreprises et différents acteurs à tous les stades de l'innovation se développent d'ailleurs. Notons qu'Internet et les outils TIC associés permettent de mobiliser des compétences d'origines très diverses à tous les stades de l'innovation. Citons entre autres : la participation d'experts du monde entier à la reformulation des problèmes techniques à résoudre, la veille technologique orientée vers des communautés internet, la construction de solutions techniques par des ingénieurs délocalisés via des plates-formes, l'intégration du client et de l'utilisateur à tous les stades de la conception, les tests de produits par avatars, les « Group Decision Support Systems (GDSS) » (groupe commun utilisateurs / concepteurs pour l'aide à la décision)... Pour étudier et mieux décrire ces formes émergentes de processus de transfert, les outils de modélisation actuels sont limités. Deux difficultés majeures seraient à lever : le problème de repérage des phases de décision dans un contexte distribué et la nature diversifiée des données entrantes (textes, plans, images, films par exemple).

### **Développements personnels**

Oscar Wilde a dit : « *Le but de la vie est le développement personnel. Parvenir à une parfaite réalisation de sa nature, c'est pour cela que nous sommes tous ici.* ». Pour atteindre ce but, quelle que soit la voie dans laquelle nous nous engageons, il est impératif d'avoir les compétences pour le faire : un savoir (des connaissances), un savoir-faire (une maîtrise technique) et un savoir-être (une évolution personnelle suffisante). Il est donc essentiel de faire un bilan des compétences acquises et la liste des compétences à acquérir et de prendre le temps de se former.

Lors de cette thèse, nous avons dû nous former à plusieurs niveaux afin d'améliorer notre savoir : technologique, stratégique et théorique.

Le niveau technologique correspond aux connaissances que nous avons acquises autour du brasage. Ces connaissances englobent les caractéristiques du procédé, le vocabulaire technique, les critères de choix d'un assemblage et les critères de comparaison entre deux procédés d'assemblage. Cette étape d'apprentissage a été facilitée par nos

compétences préalables dans le domaine de la mécanique et des matériaux, le travail collaboratif avec l'expert du centre de transfert et par la recherche bibliographique effectuée au sujet des procédés d'assemblage et plus particulièrement celui du brasage.

Le niveau stratégique correspond à l'ensemble des connaissances acquises en côtoyant les acteurs des projets de TT suivis dans la partie expérimentale et rencontrés lors de nos visites prospectives. Il s'agit de connaissances sur les produits brasés, la conjoncture économique, la propriété intellectuelle et la gestion des ressources humaines et matérielles au niveau des PME. Nous avons également amélioré notre capacité de vulgarisation des résultats théoriques obtenus grâce à des multiples formalisations de notre avancement pour les financeurs de l'action MATBRAZ.

La recherche bibliographique sur le processus de transfert de technologie a contribué largement aux connaissances théoriques acquises. En effet, la synthèse des travaux existants nous a permis de mûrir notre problématique et y apporter des éléments de réponses. De plus, nous avons enrichi notre connaissance sur les méthodes d'aide à la décision multicritère et plus, particulièrement, la méthode des ensembles approximatifs. Nous avons amélioré notre connaissance du processus de l'innovation et plus particulièrement de son procédé de modélisation lorsqu'il est appliqué au transfert de technologie. Nous nous sommes ainsi familiarisés avec les approches de modélisation de processus telle que celle proposée par l'outil-méthode MEGA<sup>11</sup> également avec le logiciel Méga basé sur le langage de modélisation objet des systèmes d'information UML<sup>12</sup> afin de modéliser les invariants mis en évidence lors de notre étude de l'ensemble des OIT (Objet Intermédiaire de Transfert) constituant le produit final.

Au niveau personnel et intellectuel, le déroulement des travaux de cette thèse nous a permis de nous conforter dans notre désir de poursuivre la recherche dans le domaine du génie industriel et plus particulièrement l'étude du processus d'innovation.

Aussi, nous avons mieux pris conscience de l'importance de l'interaction entre le monde de la recherche académique et le monde industriel. Ces deux mondes qui se côtoient et s'ignorent encore trop souvent. Le transfert de technologie est un processus d'échange entre le monde industriel et la recherche académique. La complexité du processus de transfert de technologie est liée à celle de la relation entre les structures de recherche académique et le monde industriel. En effet, il s'agit de deux systèmes différents dont les objectifs et les langages ne sont pas toujours en phase. La problématique de l'interopérabilité prend alors toute son importance.

---

<sup>11</sup> [www.mega.com](http://www.mega.com)

<sup>12</sup> [www.omg.org](http://www.omg.org)

## Chapitre 7. Glossaire

*«Définissez-moi d'abord ce que vous entendez par Dieu et je vous dirai si j'y crois.»*

**Albert Einstein**

### **But du chapitre**

Ce chapitre vise à rappeler les définitions et abréviations utilisés dans ce manuscrit pour mieux guider le lecteur.

**(C)**

CCI : Chambres de Commerce et d'Industrie

CTT : Centre de Transfert de Technologie.

CRITT : Centre Régional d'Innovation et de Transfert de Technologie.

CM2T : CRITT METAL 2T, c'est un centre de transfert de technologie basé en Lorraine. Il a plusieurs champs d'expertise dont le brasage et la métallurgie.

CUGN : Communauté Urbaine du Grand Nancy.

**(E)**

ERPI : Équipe de recherche sur les processus Innovatifs (ERPI), laboratoire basé à l'Ecole Nationale Supérieure en Génie des Systèmes Industriels.

**(D)**

DRRT : Délégation Régionale à la Recherche et à la Technologie.

DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement.

**(F)**

FRIL : Fonds Régional pour l'Innovation en Lorraine.

FEDER : Fonds Européen de Développement Régional.

**(T)**

TT : Transfert de Technologie.

**(I)**

INPL : Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL) basé à Nancy.

IS : Institut de soudure.

**(P)**

PME : Petite et Moyenne Entreprise.

## (M)

« MATERIALIA » est un pôle leader de l'innovation collaborative en matériaux et procédés ([www.materialia.fr](http://www.materialia.fr)). Il résulte de la fusion du pôle de compétitivité lorrain MIPI (Matériaux Innovants Produits Intelligents) et du pôle champardennais P2MI (Procédés de Mise en Œuvre des Matériaux Innovants).

## (O)

OSEO est un établissement public à caractère industriel et commercial créé le 30 juin 2005. Il est chargé de soutenir l'innovation et la croissance des PME en France depuis sa création. Il garantit les prêts bancaires accordés à ces entreprises et participe au financement de plusieurs milliers de projets par an. Les conseils régionaux et départementaux sont les principaux partenaires publics de l'organisme.

## Chapitre 8. Bibliographie

*« Dis-moi ce que tu lis, je te dirai qui tu es, il est vrai, mais je te connaîtrai mieux si tu me dis ce que tu relis ».*

**François Mauriac**, Extrait des *Mémoires intérieures*

- Ait-EL-Hadj, S. and Boly, V. (2009). *Systèmes techniques : lois d'évolution et théorie de la conception* Paris, DC: Édition Hermès Sciences.
- Amesse, F. and Cohendet, P. (2001). Technology transfer revisited from the perspective of the knowledge-based economy. *Research Policy*, 30(9), 1459-1478.
- Anderson, T. R., Daim, T. U. and Lavoie, F. F. (2007). Measuring the efficiency of university technology transfer. *Technovation*, 27(5), 306-318.
- Arvanitis, S., Sydow, N. and Woerter, M. (2008). Do specific forms of university-industry knowledge transfer have different impacts on the performance of private enterprises? An empirical analysis based on Swiss firm data. *Journal of Technology Transfer*, 33(5), 504-533.
- Autant- Bernard, C., Massard, N. and Mangematin, V. (2005). Creation of high tech SMEs: The influence of local environment. *Small Business Economics*, Forthcoming.
- Ben-Ahmed, W. and Yannou, B. (2009). A Bayesian learning of probabilistic relations between perceptual attributes and technical characteristics of car dashboards to construct a perceptual evaluation model. *International Journal of Product Development* 7(1-2), 47-72.
- Beynon, M. J. and Peel, M. J. (2001). Variable precision rough set theory and data discretisation: An application to corporate failure prediction. *Omega*, 29(6), 561-576.
- Blanc, S., Ducq, Y. and Vallespir, B. (2007). Evolution management towards interoperable supply chains using performance measurement. *Computers in Industry*, 58(7), 720-732.
- Boly, V. (2009). *Ingénierie de l'innovation*. Paris, DC: Hermès Sciences.
- Boly, V., Morel, L., Renaud, J. and Guidat, C. (2000). Innovation in low tech SMBs: Evidence of a necessary constructivist approach. *Technovation*, 20(3), 161-168.
- Borges Da Silva, G. (2001). La recherche qualitative: Un autre principe d'action et de communication. *Rev Med Ass Maladie*, 32(117-121).
- Bougrain, F. and Haudeville, B. (2002). Innovation, collaboration and SMEs internal research capacities. *Research Policy*, 31(5), 735-747.
- Boujut, J. F. and Blanco, E. (2003). Intermediary objects as a means to foster co-operation in engineering design. *Computer Supported Cooperative Work: CSCW: An International Journal*, 12(2), 205-219.
- Bozeman, B. (2000). Technology transfer and public policy: A review of research and theory. *Research Policy*, 29(4-5), 627-655.
- Brazetec. (2002). The Principles of brazing Resource document. [http://www.technicalmaterials.unicore.com/en/bt/downloads/en\\_BR\\_04\\_Loetfibel\\_Hartloeten.pdf](http://www.technicalmaterials.unicore.com/en/bt/downloads/en_BR_04_Loetfibel_Hartloeten.pdf). Accessed 2/11/2006
- Buckler, S. A. and Zien, K. A. (1996). From experience the spirituality of innovation: Learning from stories. *Journal of Product Innovation Management*, 13(5), 391-405.
- Cai, Z., Sun, S., Si, S. and Yannou, B. (2010). Identifying product failure rate based on a conditional Bayesian network classifier. *Expert Systems with Applications*, In Press, Uncorrected Proof.
- Carr, R. K. (1992). Menu of best practices in technology transfer (Part 2). *The Journal of Technology Transfer*, 17(2-3), 24-33.

- Casorzo, C., Mayer, F., Kooli-Chaabane, H., Camargo, M. and Alfaro, M. (2010). Proposition of a technology transfer project modeling approach: application to the metallic brazing industry. *International Journal of Innovation and Technology Management*, soumis.
- Castagne, M. (1987). «Le Génie des Systèmes Industriels en France : Développement et Perspectives». Cahier du CEFI n°17, 1er trimestre.
- CES. (1999). The Cambridge Engineering Selector. Resource document. <http://www.grantadesign.com/> Accessed
- Chauvet, V. (2003). Construction d'une échelle de mesure de la capacité d'absorption. XIIème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique, Les Côtes de Carthage.
- Chen, D. and Doumeingts, G. (2003). European initiatives to develop interoperability of enterprise applications: basic concepts, framework and roadmap. *Annual Reviews in Control*, 27(2), 153-162.
- Chen, D., Doumeingts, G. and Vernadat, F. (2008). Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in Industry*, 59(7), 647-659.
- Chituc, C.-M., Toscano, C. and Azevedo, A. (2008). Interoperability in Collaborative Networks: Independent and industry-specific initiatives - The case of the footwear industry. *Computers in Industry*, 59(7), 741-757.
- CILF (1986). Conseil international de la langue français :Termes et définitions utilisées en soudage et techniques connexes. Paris, DC: P.S.A.
- Cohen, W. (2000). Taking care of business. *ASEE Prism Online*, January, 1-5.
- Cohen, W. M. and Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128.
- Cole, B. (1992). DOE labs: models for tech transfer. *IEEE Spectrum*, 29(12), 53-57.
- Daclin, N., Chen, D. and Vallespir, B. (2006). Decisional interoperability: Concepts and formalisation In L. Camarinha-Matos (Ed.), *Network-centric collaboration and supporting frameworks: IFIP TC 5 WG 5.5, seventh IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, 25-27 September 2006, Helsinki, Finland* (pp. 297-304). IFIP International Federation for Information Processing, a springer series in Computer science.
- DECILOR/IS. (2006). Etude sur les brevets déposés en brasage. Resource document. Accessed 12/12/2006.
- Dimitras, A. I., Slowinski, R., Susmaga, R. and Zopounidis, C. (1999). Business failure prediction using rough sets. *European Journal of Operational Research*, 114(2), 263-280.
- Ducq, Y., Chen, D. and Vallespir, B. (2004). Interoperability in enterprise modelling: requirements and roadmap. *Advanced Engineering Informatics*, 18(4), 193-203.
- Eckert, C. and Boujut, J. F. (2003). Introduction: The role of objects in design co-operation: Communication through physical or virtual objects. *Computer Supported Cooperative Work: CSCW: An International Journal*, 12(2), 145-151.
- Edmondson, A. C. and McManus, S. E. (2007). Methodological fit in management field research. *Academy of Management Review*, 32(4), 1155-1179.
- EIF (2004). European Interoperability Framework. white paper. <http://www.comptia.org>.

- Erlich, J. N. and Gutterman, A. (2003). A practical view of strategies for improving federal technology transfer. *Journal of Technology Transfer*, 28(3-4), 215-226.
- Esawi, A. M. K. and Ashby, M. F. (2003). Cost estimates to guide pre-selection of processes. *Materials and Design*, 24(8), 605-616.
- Esawi, A. M. K. and Ashby, M. F. (2004). Computer-based selection of joining processes Methods, software and case studies. *Materials and Design*, 25(7), 555-564.
- Fontanili, F. (1999). Intégration d'outils de simulation et d'optimisation pour le pilotage d'une ligne d'assemblage multiproduit à transfert asynchrone. Groupe de Recherche en Production Intégrée (G.R.P.I).
- François-Noyer, V. and Droma, D. (2005). Le rôle des universités américaines dans l'émergence et l'accompagnement des spinoffs académiques : comparaison avec le système Français? 4e congrès de l'Académie de l'entrepreneuriat Paris.
- Friedman, J. and Silberman, J. (2003). University technology transfer: do incentives, management, and location matter? *Journal of Technology Transfer*, 28(1), 17.
- Fusfeld, H. I. (1986). *The Technical Enterprise*. Cambridge, DC: Ballinger.
- Garcia, R., Calantone, R. (2002). A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: A literature review. *Journal of Product Innovation Management*, 19(2), 110-132.
- Garel, G. (1998). Mémoire pour l'habilitation à diriger des recherches.
- Geisler, E. (1993). Technology transfer: Toward mapping the field, a review, and research directions. *The Journal of Technology Transfer*, 18(3-4), 88-93.
- Gilbert, M. and Cordey-Hayes, M. (1996). Understanding the process of knowledge transfer to achieve successful technological innovation. *Technovation*, 16(6), 301-312.
- Girod-Seville, M. and Perret, V. (2007). Les fondements épistémologiques de la recherche. In R. A. Thiétart (Ed.), *Méthodes de recherche en management* (pp. 13-33). Paris: Dunod.
- Goh, C. and Law, R. (2003). Incorporating the rough sets theory into travel demand analysis. *Tourism Management*, 24(5), 511-517.
- Göktepe, D. (2005). Investigation of University Industry Technology Transfer Cases: A Conceptual and Methodological Approach Part-2. The DRUID Winter Conference 2005 on Industrial Evolution and Dynamics,
- Goldfarb, B. and Henrekson, M. (2003). Bottom-up versus top-down policies towards the commercialization of university intellectual property. *Research Policy*, 32(4), 639-658.
- Greco, S., Matarazzo, B. and Slowinski, R. (2001). Rough Set Theory for Multicriteria Decision Analysis. *European Journal of Operational Research*, 129(1), 1-47.
- Greenhalgh, T. and Taylor, R. (1997). How to read a paper: Papers that go beyond numbers (qualitative research). *BMJ*, 315(740-743).
- Greiner, M. A. and Franza, R. M. (2003). Barriers and Bridges for Successful Environmental Technology Transfer. *Journal of Technology Transfer*, 28(167-177).
- Hagedoorn, J. (1995). Strategic technology partnering during the 1980s: Trends, networks and corporate patterns in non-core technologies. *Research Policy*, 24(2), 207-231.

- Harmon, B., Ardishvili, A., Cardozo, R. N., Elder, T., Leuthold, J., Parshall, J., et al. (1997). Mapping the university technology transfer process. *Journal of Business Venturing*, 12(6), 423-434.
- IFA Invest in France Agency. (2006). Competitiveness Clusters in France. Resource document. [http://competitivite.gouv.fr/IMG/pdf/poles\\_plaquette\\_en.pdf](http://competitivite.gouv.fr/IMG/pdf/poles_plaquette_en.pdf) Accessed 16 November 2009.
- Imai, S., Lin, C.-W., Watada, J. and Tzeng, G.-H. (2008). Rough Sets approach to human resource development of information technology. *IJSSST*, 9(2), 31-42.
- Jackson, A. G., Leclair, S. R., Ohmer, M. C., Ziarko, W. and Al-Kamhwi, H. (1996). Rough sets applied to materials data. *Acta Materialia*, 44(11), 4475-4484.
- Jacobson, D. M. and Humpston, G. (2005). *Principles of Brazing*. Ohio, DC: ASM International Materials Park.
- Jeantet, A., Tichkievitch, S. and Mer, S. (1995). *Les objets intermédiaires de la conception: Modélisation et communication. Le Communicationnel pour concevoir*, Europa Productions,
- Julien, P. A. (1997). *Les PME: Bilan et perspectives*. Québec, DC: Les presses inter universitaires.
- Karlsson, C. and Ahlstrom, P. (1997). Perspective: Changing product development strategy - A managerial challenge. *Journal of Product Innovation Management*, 14(6), 473-484.
- Khalil, T. M. (2000). *Management of technology: The key to competitiveness and wealth creation*. Boston, DC: McGraw-Hill.
- Kodama, T. (2008). The role of intermediation and absorptive capacity in facilitating university-industry linkages-An empirical study of TAMA in Japan. *Research Policy*, 37(8), 1224-1240.
- KOMPASS. (2007). Resource document. <http://www.kompass.com/>. Accessed 1/12/2007.
- Koubarakis, M. and Plexousakis, D. (2002). A formal framework for business process modelling and design. *Information Systems*, 27(5), 299-319.
- Kumar, U. and Uruthirapathy, A. (2007). *Critical Success Factors in Technology Transfer from Government Laboratories to Private Sector: A Study Based on Canadian Federal Government Departments*. Conference of the Administrative Sciences of Canada, Ottawa, Ontario.
- Kumar, V. and Jain, P. K. (2002). Commercializing new technologies in India: a perspective on policy initiatives. *Technology in Society*, 24(3), 285-298.
- Lane, J. P. (2003). The state of the science in technology transfer: Implications for the field of assistive technology. *Journal of Technology Transfer*, 28(3-4), 333-354.
- Large, D. W. and Barclay, D. W. (1992). Technology transfer to the private sector: A field study of manufacturer buying behavior. *The Journal of Product Innovation Management*, 9(1), 26-43.
- LeBacq, C., Brechet, Y., Shercliff, H. R., Jeggy, T. and Salvo, L. (2002). Selection of joining methods in mechanical design. *Materials and Design*, 23(4), 405-416.
- Lee, J. and Win, H. N. (2004). Technology transfer between university research centers and industry in Singapore. *Technovation*, 24(5), 433-442.

- Lee, Y. S. (1994). Technology transfer and public policy - Preparing for the twenty-first century (symposium). *Policy Studies Journal*, 22(2), 259-399.
- Lehman, B. and Garduño, E. (2004). Discussion Document: Technology Transfer and National Innovation. International Conference on Technology Transfer, Intellectual Property Rights and Business Policy, University of Campinas, Sao Paulo, Brazil.
- Lejosne, N. (2006). Transfert de technologie : Les dimensions oubliées. A partir de l'étude et la comparaison de trois cas au sein de PME béninoises.
- Lemoigne, J. L. (1995). Les épistémologies constructivistes. Paris, DC: Que sais je, PUF.
- Lenfle, S. (2008). Mémoire pour l'Habilitation à Diriger des Recherches: Projets et conception innovante
- Leonard-Barton, D. (1995). Wellsprings of knowledge: Building and sustaining the sources of innovation. Boston, DC: Harvard Business School Press
- Levin, M. (1993). Technology transfer as a learning and developmental process: an analysis of Norwegian programmes on technology transfer. *Technovation*, 13(8), 497-518.
- Levy, C. (1981). Manuel de brasage fort: brazing manual. Paris, DC: P S A.
- Liao, S. H. (2005). Technology management methodologies and applications: A literature review from 1995 to 2003. *Technovation*, 25(4), 381-393.
- Link, A. N. and Siegel, D. S. (2005). University-based technology initiatives: Quantitative and qualitative evidence. *Research Policy*, 34(3), 253-257.
- Liou, J. J. H. and Tzeng, G.-H. (2010). A Dominance-based Rough Set Approach to customer behavior in the airline market. *Information Sciences*, 180(11), 2230-2238.
- Little, D. and Hemmings, A. (1994). Automated assembly scheduling: A review. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 7(1), 51-61.
- Liu, S., Fang, Z. and Shi, H. (2009). Theory of Science and Technology Transfer and Applications (Systems evaluation, prediction, and decision-making series). US, DC: Auerbach Publications.
- Lundin, R. A. and Wirdenius, H. (1990). Interactive research. *Scandinavian Journal of Management*, 6(2), 125-142.
- Maine, E., Probert, D. and Ashby, M. (2005). Investing in new materials: A tool for technology managers. *Technovation*, 25(1), 15-23.
- Malik, K. (2002). Aiding the technology manager: A conceptual model for intra-firm technology transfer. *Technovation*, 22(7), 427-436.
- Malissard, P., Gingras, Y. and Gemme, B. (2003). La commercialisation de la recherche. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 3(148), 57-67.
- Mazet, T., Boly, V. and Frank, J. (2009). Pour une vision adaptative et systémique du transfert de technologie: Le cas du brasage. A venir.
- Miles, M. B. and Huberman, A. M. (2003). Analyse des données qualitatives; traduction de la 2e édition américaine par Martine Hlady Rispal; révision scientifique de Jean-Jacques Bonniol. Belgique, DC: De Boeck.
- Millier, P. (2002). L'étude des marchés qui n'existent pas encore. Paris, DC: Edition organisation.

- Morrissey, M. T. and Almonacid, S. (2005). Rethinking technology transfer. *Journal of Food Engineering*, 67(1-2), 135-145.
- Murray, J. J., Guha, A. and Bond, A. (1997). Overview of the development of heat exchangers for use in air-breathing propulsion pre-coolers. *Acta Astronautica*, 41(11), 723-729.
- Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization Science*, 5(1), 14-37.
- Panetto, H. and Molina, A. (2008). Enterprise integration and interoperability in manufacturing systems: Trends and issues. *Computers in Industry*, 59(7), 641-646.
- Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Computer & Information Sciences*, 11(5), 341-356.
- Pawlak, Z. (1997). Rough set approach to knowledge-based decision support. *European Journal of Operational Research*, 99(1), 48-57.
- Pawlak, Z. (2002). Rough sets and intelligent data analysis. *Information Sciences*, 147(1-4), 1-12.
- Peaslee, R. L. (2003). *Brazing footprints : Case studies in high-temperature brazing*. Madison Heights, Michigan, DC: Wall Colmonoy Corp.
- PME.GOUV (2007). <http://www.pme.gouv.fr/economie/chiffresclefstpe/importance.pdf>.
- Pressman, L. (2002). *AUTM Licensing Survey : FY 1999*. DC: Northbrook.
- Rogers, E. M., Takegami, S. and Yin, J. (2001). Lessons learned about technology transfer. *Technovation*, 21(4), 253-261.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*. Paris, DC: Economica.
- Sabourin, V. (1998). Barriers to the strategic adoption of revolutionary manufacturing processes. *Journal of Technology Transfer*, 23(3), 59-66.
- Sahal, D. (1981). Alternative conceptions of technology. *Research Policy*, 10(1), 2-24.
- Sahal, D. (1982). The form of technology. In D. Sahal (Ed.), *The Transfer and Utilization of Technical Knowledge* (pp. 125–139). Lexington MA: Lexington Publishing.
- Schwartz, M. M. (2003). *Brazing*. Ohio, DC: ASM INTERNATIONAL.
- Schwartz, M. M. and Aircraft, S. (1993). Introduction to brazing and soldering. In L. D. Olson, T. A. Siewert, S. Liu and G. R. Edwards (Ed.), *Welding, Brazing, and soldering ASM HAND BOOK (Vol 6)* (pp. 270–481). USA: ASM INTERNATIONAL.
- Seaton, R. and Cordey-Hayes, M. (1993). The development and application of interactive models of industrial technology transfer. *Technovation*, 13(1), 45–53.
- Shabtay, Y. L., Ainali, M. and Lea, A. (2004). New brazing processes using anneal-resistant copper and brass alloys. *Materials and Design*, 25(1), 83-89.
- Sheahan, T. P., Rosenthal, R. E., Hawsey, R. A., Freiman, S. W. and Daley, J. G. (1994). Evaluation of technology transfer by peer review. *The Journal of Technology Transfer*, 19(3-4), 100-109.
- Siegel, D. S., Thursby, J. G., Thursby, M. C. and Ziedonis, A. A. (2001). Organizational issues in university-industry technology transfer: An overview of the symposium issue. *Journal of Technology Transfer*, 26(1-2), 5-11.

- Siegel, D. S., Waldman, D. and Link, A. (2003). Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: An exploratory study. *Research Policy*, 32(1), 27-48.
- Slowinski, R. and Zopounidis, C. (1995). Application of the rough set approach to evaluation of bankruptcy risk. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 4(1), 27-41.
- Souder, W. E., Nashar, A. S. and Padmanabhan, V. (1990). A guide to the best technology-transfer practices. *The Journal of Technology Transfer*, 15(1-2), 5-16.
- Stoeltzlen, N. (2004). Intégration de la dimension VisioGraphique dans les phases amont du processus de conception de produits mécaniques pour favoriser la coopération et la construction commune de projet. *Laboratoire de Conception de Produits et Innovation*.
- Szulanski, G. (2000). The Process of Knowledge Transfer: A Diachronic Analysis of Stickiness. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82(1), 9-27.
- TEURPIN. (2001). European technology transfer guide to best practs. Resource document. <http://www.innovating-regions.org/download/teurpin%5Fguide%2Epdf>. Accessed 16/11/2009.
- Thomas, B. (2000). A Model of the Diffusion of Technology into SMEs. WEI Working paper series. Welsh Enterprise Institute University of Glamorgan Business School (online). [http://wei.research.glam.ac.uk/media/files/documents/2006-11-30/wei\\_working\\_paper\\_4.pdf](http://wei.research.glam.ac.uk/media/files/documents/2006-11-30/wei_working_paper_4.pdf).
- Tichkiewitch, S. and Brissaud, D. (2000). Co-ordination between product and process definitions in a concurrent engineering environment. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 49(1), 75-78.
- Trott, P., Cordey-Hayes, M. and Seaton, R. A. F. (1995). Inward technology transfer as an interactive process. *Technovation*, 15(1), 25-43.
- Tu, Q., Vonderembse, M. A., Ragu-Nathan, T. S. and Sharkey, T. W. (2006). Absorptive capacity: Enhancing the assimilation of time-based manufacturing practices. *Journal of Operations Management*, 24(5), 692-710.
- Vamadevan, G. and Kraft, F. F. (2007). Processing effects in aluminum micro-channel tube for brazed R744 heat exchangers. *Journal of Materials Processing Technology*, 191(1-3), 30-33.
- Van Den Beemt, F. C. H. D. (1997). Evaluating prediction of technology transfer success: An interim evaluation of the dutch sensor technology program. *Journal of Technology Transfer*, 22(2), 53-58.
- Vernadat, F. B. (1996). *Enterprise modelling and integration: Principles and applications*. Chapman & Hall,
- Vinck, D. (2006). Dynamique d'innovation et de conception et rôle des objets intermédiaires. Ecole d'été du GDR TIC et société "Les Supports de la Connaissance: Technologies, Médiatisation, Apprentissage", Autrans.
- Vinck, D. and Laureillard, P. (1996). Coordination par les objets dans les processus de conception. *Représenter, Attribuer, Coordonner*, 289-295.
- Waroonkun, T. and Stewart, R. A. (2008). Modeling the international technology transfer process in construction projects: Evidence from Thailand. *Journal of Technology Transfer*, 33(6), 667-687.

- West, G. P. and Bamford, C. E. (2005). Creating a technology-based entrepreneurial economy: A resource based theory perspective. *Journal of Technology Transfer*, 30(4), 433-451.
- Willmann, P. (1991). Bureaucracy, innovation and appropriability. ESRC Industrial Economics Study Group Conference, London Business School.
- Wong, J. T. and Chung, Y. S. (2007). Rough set approach for accident chains exploration. *Accident Analysis and Prevention*, 39(3), 629-637.
- Yannou, B., Christophol, H., Jolly, D. and Troussier, N. (2008). *La conception industrielle de produits ingénierie de l'évaluation et de la décision*. paris, DC: hermes.
- Yoon, S., Kim, H. and Lee, C. (2007). Fabrication of automotive heat exchanger using kinetic spraying process. *Surface and Coatings Technology*, 201(24), 9524-9532.
- Zahra, S. A. and George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. *Academy of Management Review*, 27(2), 185-203.
- Zhai, L. Y., Khoo, L. P. and Fok, S. C. (2002). Feature extraction using rough set theory and genetic algorithms - An application for the simplification of product quality evaluation. *Computers and Industrial Engineering*, 43(4), 661-676.
- Zhao, L. and Reisman, A. (1992). Toward meta research on technology transfer. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 39(1), 13-21.

## Annexes

### Présentation du pôle MATBRAZ<sup>13</sup>

**CM2T**  
ingénierie

RETOUR A L'ACCUEIL

**MATBRAZ**  
au coeur de CM2T ingénierie

**NOTRE ÉQUIPE, NOS MOYENS**  
nos références

**VITRINE TECHNOLOGIQUE**  
le challenge de la haute précision

**NOS APPLICATIONS**  
l'expertise Matbraz

**PLANIFIEZ NOS FORMATIONS**  
Matbraz vous accompagne

# MATBRAZ

Plate forme d'assemblage de multimatériaux par brasage

Une exclusivité MATBRAZ : la conception et la réalisation d'assemblage à usages multifonctions de grandes dimensions

## MATBRAZ

**Le développement de la technologie du brasage au service de pièces à haute valeur ajoutée.**

Créé en 2005, à l'initiative du Critt METALL 2T, en partenariat avec l'INPL et la collaboration de l'Institut de Soudure, MATBRAZ offre aux industriels donneurs d'ordres et à leurs sous-traitants les moyens nécessaires pour développer leurs produits et assemblages, depuis leur conception jusqu'à la fabrication des premiers prototypes ou pré-séries en passant par la réalisation des essais de faisabilité. Pour cela, notre équipe de métallurgistes spécialiste du brasage dispose d'installations industrielles uniques en France, notamment en four haute température, et d'équipements de laboratoire indispensables à la caractérisation des produits.

## CM2T Ingénierie

**Un centre de transfert de compétences associé au pôle de compétitivité MIPI : Matériaux Innovants, Produits Intelligents.**

Issu du Critt Metall 2T, Cm2T Ingénierie apporte aux industriels ses compétences et son savoir-faire sur les matériaux métalliques et leur métallurgie. Il est l'un des centres de transfert de compétences du pôle de compétitivité MIPI regroupant une équipe expérimentée opérant en Lorraine, en France et en Europe.

dernière mise à jour le 10-01-2007 à 13:37:25

<sup>13</sup> [http://www.cm2t.com/site/matbraz\\_ingenierie.php](http://www.cm2t.com/site/matbraz_ingenierie.php)

## Liste des financeurs de la thèse



*Liberté • Égalité • Fraternité*

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**DRIRE**

Directions Régionales de  
l'Industrie, de la Recherche  
et de l'Environnement



## **Démarche de l'étude de ciblage des entreprises (étude préliminaire avant le démarrage de la partie expérimentale)**

### ***Définition des applications prioritaires***

La multitude des pistes de transfert nous a amenés à nous intéresser à un nombre limité d'applications pour mieux cibler les opérations de transfert. Pour ce faire, nous nous sommes basés sur l'étude déjà réalisée dans le cadre du projet MATBRAZ (DECILOR/IS 2006) qui s'est intéressée à l'analyse des brevets relatifs au brasage sur les dix dernières années.

Cette étude fait ressortir que le brasage des échangeurs de chaleur et leurs sous-ensembles semblent être des axes d'innovation et que trois types de fabrication associés au brasage émergent : les structures en nid d'abeille, les tubes et l'outillage. On notera également que depuis les années quatre-vingt dix, le développement en France d'assemblages hétérogènes et l'émergence de techniques de brasage permettant de garantir, post brasage, les caractéristiques initiales des matériaux à assembler.

Dans un premier temps, les entreprises ciblées ont été prioritairement celles qui ont une activité liée à la fabrication de :

- Echangeurs,
- Outillages (dans l'application outillage, l'accent est porté sur le problème d'usure),
- Assemblages hétérogènes.

### ***Constitution d'une base de données d'entreprises***

Le périmètre géographique de l'étude est la région Lorraine, soit 4 départements (Meuse (55), Moselle (57), Meurthe et Moselle (54) et Vosges (88)). Nous nous sommes intéressés principalement à des entreprises de taille moyenne (PME-PMI). Les secteurs visés sont (ceux définis avec les partenaires du projet et selon les conclusions de la veille technologique réalisée par l'Institut de Soudure) : Aéronautique, Automobile, Chimique, Mécanique, Energie (nucléaire, renouvelable et fossile), Joaillerie et produits de luxe.

Pour identifier les entreprises qui peuvent être intéressées par le brasage, il est nécessaire d'avoir une base de données d'entreprises. Nous avons choisi la base de données d'entreprises KOMPASS (KOMPASS 2007). Dans cette base de données, il est possible de faire une requête en utilisant de multiples critères. Dans le Tableau 44, nous citons quelques champs de recherche disponibles pour les requêtes dans la base de données KOMPASS.

Nom du champ de recherche	Exemple de critère de recherche inclus dans ce champ
Région	Permet de sélectionner une région du monde : un continent, un ou plusieurs pays
Coordonnées, contact	Permet de faire une recherche par : Raison sociale, N°d'enregistrement (TVA, SIRET,...), Marque / Représentation, Téléphone, Fax
Produits & services	Permet de faire une recherche dans la classification KOMPASS par mots clefs ou par code d'activité
Activité de l'entreprise	Permet de faire une recherche par nature d'activité (producteur, exportateur, distributeur, importateur...)
Adresse	Permet de faire une recherche par code postal ou par ville
Performance financière	Permet de faire une recherche par CA
Coordonnée entreprise	Permet de faire une recherche par : effectif, année de fondation, par emplacement...
Information direction	Permet de faire une recherche par fonction dans l'équipe de direction

**Tableau 44. Champs de recherche dans la base de données KOMPASS**

Nous avons commencé par identifier les codes d'activités KOMPASS des entreprises clientes du CM2T dans le cadre d'un transfert de technologie de brasage. Cet ensemble de départ comptait 8 entreprises. Nous avons recensé 37 codes d'activités relatifs à ces dernières.

D'autre part, nous avons examiné le référentiel des codes d'activités KOMPASS pour identifier dans ces listes les codes en relation avec le brasage. Cet exercice, nous a permis d'identifier 114 codes. Ensuite, aidé de notre expert en brasage, nous avons confronté ces derniers aux codes qui s'apparentent aux 37 premiers identifiés grâce aux entreprises. Il en résulte un ensemble de 107 codes d'activités.

Cependant, un nombre important d'entreprises est référencé sous ces codes d'activité. Nous avons donc pris la décision d'attribuer des priorités à ces codes. Nous avons retenu les codes relatifs aux trois applications choisies auparavant. Nous avons obtenu 32 codes de première priorité. Le Tableau 45 donne la liste de ces codes. Ces codes correspondent à 136 entreprises dans la Lorraine.

	<i>Code</i>	<i>Nomenclature KOMPASS de produit et service</i>
1	40400	Chaudronnerie et accessoires
2	40420	Chaudières industrielles à vapeur et accessoires
3	40440	Echangeurs de chaleur, tours de refroidissement, condenseurs de vapeur et radiateurs
4	40600	Installations de chauffage, de conditionnement d'air, de ventilation et d'humidification
5	40601	Installations de chauffage, de conditionnement d'air, de ventilation et d'humidification
6	40620	Installations et matériel de filtration d'air, d'aspiration et d'extraction des poussières et fumées
7	40621	Installations et matériel de filtration d'air, d'aspiration et d'extraction des poussières et fumées
8	40820	Réfrigérateurs et surgélateurs
9	40840	Pièces et accessoires pour matériel frigorifique
10	40860	Matériel pour la production de glace à rafraîchir
11	41240	Pièces et accessoires pour matériel agricole
12	42170	Matériel de broyage, concassage et pulvérisation
13	42210	Matériel de chauffage, de cuisson, de stérilisation et de distillation
14	42250	Matériel auxiliaire pour l'industrie chimique et industries connexes
15	42460	Matériel pour raffineries de pétrole
16	42470	Matériel pour la production de gaz d'hydrocarbures
17	42490	Installations pour le stockage des produits pétroliers liquides en vrac
18	45010	Matériel pour l'exploitation au fond des mines
19	45070	Matériel pour l'exploitation des mines à ciel ouvert
20	45090	Matériel pour le traitement du charbon, des minerais et autres minéraux
21	45110	Matériel pour carrières et pour le travail de la pierre
22	45130	Matériel pour l'extraction, le lavage, le broyage et le tri des sables et cailloux
23	45180	Matériel de sondage et forage pour fondations et Matériel pour le génie civil
24	45200	Matériel de forage pour puits d'eau
25	45210	Matériel de forage pour l'extraction du pétrole et du gaz naturel
26	45260	Matériel de forage pour plates-formes offshore
27	45280	Matériel pour l'extraction du pétrole, du gaz et de l'eau
28	45400	Matériel pour la fabrication des produits abrasifs
29	45420	Matériel pour la fabrication et le travail du verre
30	45500	Matériel pour le terrassement et la construction des routes
31	45520	Matériel pour l'entretien des routes
32	45540	Matériel pour la construction et l'entretien des voies ferrées

**Tableau 45. Liste des codes KOMPASS prioritaires pour le transfert de technologie**

Nous avons ensuite établi une fiche par entreprise. En se basant sur cette fiche nous avons classifié les entreprises par niveau d'intérêt pour l'étude. Nous avons distingué quatre niveaux d'intérêt détaillés dans le Tableau 46. L'attribution du niveau d'intérêt a été effectuée en se basant sur les connaissances du groupe de travail et sur quatre critères : taille, CA, localisation géographique et correspondance de l'activité de l'entreprise aux trois applications retenues.

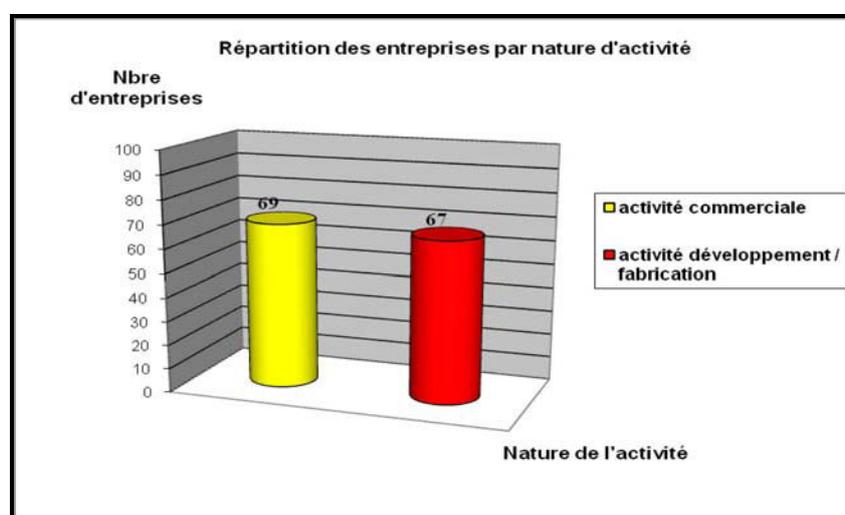
Symbole	-	*	**	***	****
Signification	Aucun intérêt	Faible intérêt	Intérêt moyen	Intéressant	Très intéressant

**Tableau 46. Liste des niveaux d'intérêt**

### *Caractéristiques des entreprises cibles pour le TT*

#### **Répartition des entreprises par nature d'activité**

La Figure 30 montre que les 136 entreprises générées par les codes d'activités KOMPASS se répartissent en 2 groupes. Le premier est composé d'entreprises qui ont une activité purement commerciale et le deuxième d'entreprises qui ont une activité de fabrication et de développement. C'est ce dernier groupe qui nous intéresse le plus.



**Figure 30. Répartition des entreprises par activité**

#### **Répartition des entreprises par département**

La Figure 31 fait le mapping des entreprises par département de la région Lorraine. Nous remarquons que le département 57 accueille majoritairement les entreprises potentielles pour le transfert du brasage sous réserve des choix effectués (les 3 applications choisies). Les départements 54 et 88 constituent également des pistes qu'il est intéressant d'explorer.

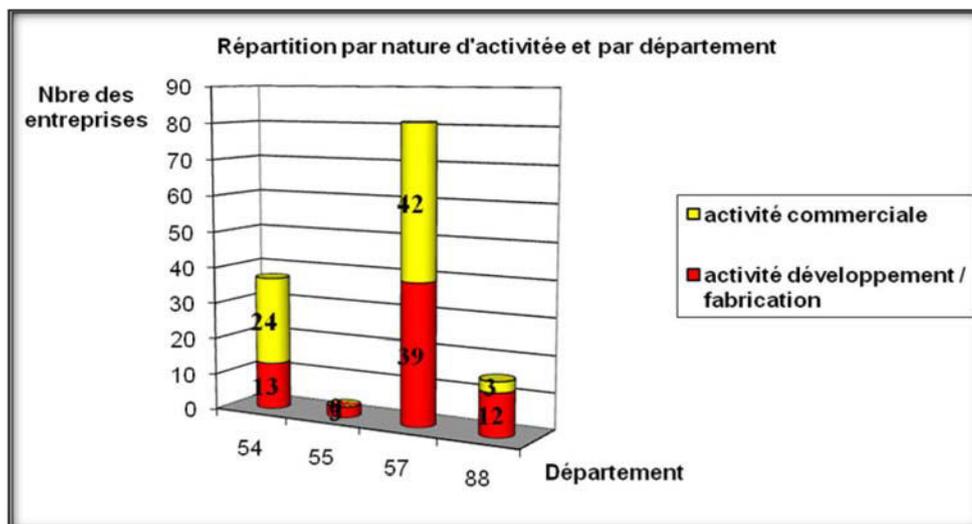


Figure 31. Répartition des entreprises par département

Dans la suite, nous nous intéressons principalement au groupe d'entreprises qui ont une activité de fabrication et de développement.

### Répartition des entreprises par taille

La Figure 32 confirme la pertinence du choix des pouvoirs publics de promouvoir les PME-PMIs puisque la majorité des entreprises retenues pour l'étude font partie de cette catégorie. En effet, 68,8% des entreprises comptent moins de 51 salariés.

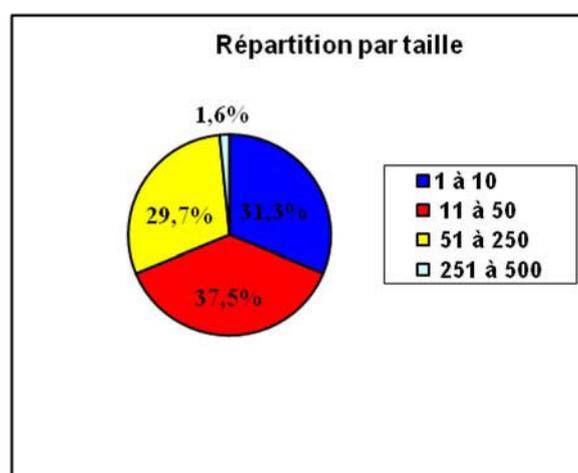


Figure 32. Répartition des entreprises par taille

Il ressort de l'analyse des entreprises par département que le département 88 compte principalement des entreprises de type TPE conformément à la Figure 33. Le département 57 présente une répartition plus homogène entre TPE et PME-PMI.

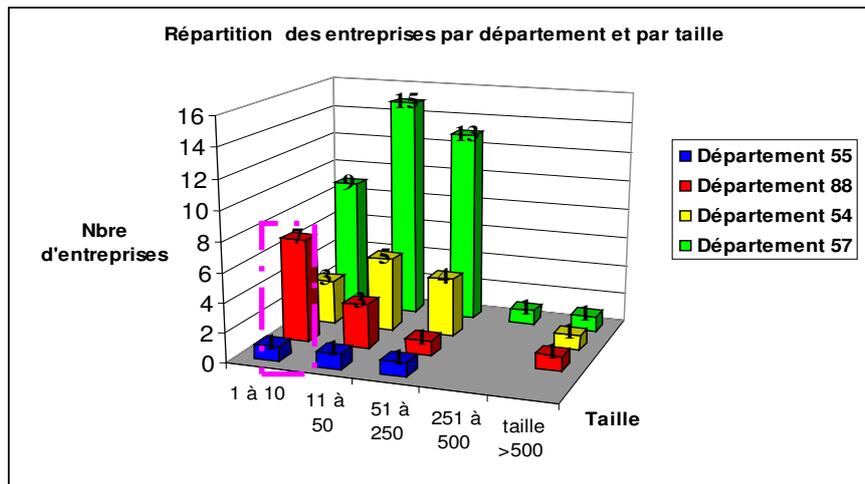


Figure 33. Répartition des entreprises par département et par taille

### *Constitution d'un échantillon d'entreprises à visiter*

« Dans le cas de l'innovation technologique, le terme « échantillon » relève plutôt de l'abus de langage. En effet, un véritable échantillon est censé être représentatif d'une population. Mais dans le cas présent, la population c'est-à-dire le marché est le résultat de l'étude, pas le point de départ » (Millier 2002).

L'échantillon se doit d'être le plus varié possible pour apporter de la richesse à l'étude. En effet, un marché n'est pas un ensemble homogène mais segmenté. Compte tenu du fait que nous ne pouvons savoir à l'avance qui vont être les clients intéressés ni quels peuvent être leurs problèmes, la règle sera de privilégier la variété et la largeur de l'étude à la profondeur.

Notre but est essentiellement de cibler les marchés pertinents en termes de substitution par le brasage. La quantification exacte des tailles de ces marchés n'est pas visée. Nous avons retenu 46 entreprises à contacter parmi les 136. Ces entreprises ont été jugées très intéressantes par le groupe de travail.

Le niveau d'intérêt a été attribué en se basant sur la connaissance du groupe de travail et selon quatre critères : taille, CA, localisation géographique et correspondance de l'activité de l'entreprise aux trois applications retenues.

La Figure 34 donne la répartition des entreprises par niveaux d'intérêt. Les entreprises se répartissent du niveau « très intéressant (\*\*\*\*) » au niveau « aucun intérêt (-) ». Les entreprises qui appartiennent au niveau « très intéressant » représentent 10%. Celles qui appartiennent au niveau « intéressant » représentent 47 %. Ces deux niveaux comptent 38 entreprises, soit 57% des entreprises retenues pour l'étude.

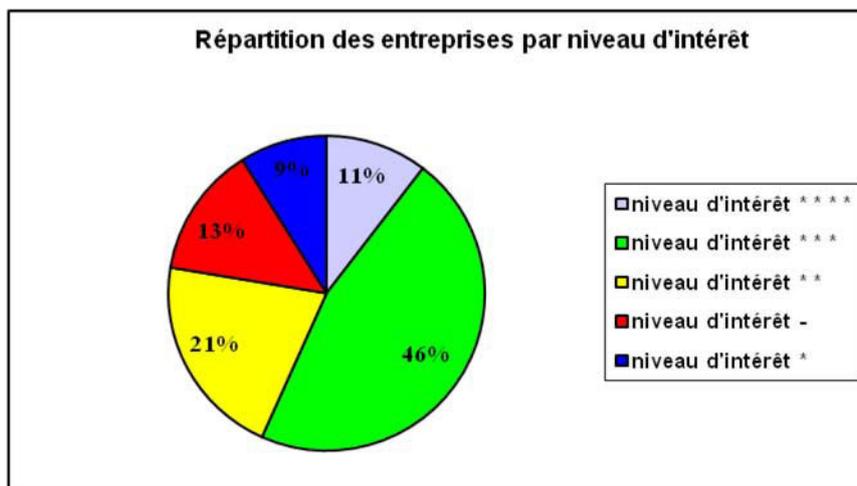


Figure 34. Répartition des entreprises par niveau d'intérêt

### Profil type d'une entreprise d'un niveau d'intérêt donné

La Figure 35, Figure 36 et Figure 37 illustrent les critères : CA, taille et emplacement géographique (département) qui ont été pris en compte pour l'appréciation du niveau d'intérêt de l'entreprise. Ces trois critères sont complétés par la correspondance de l'activité de l'entreprise aux 3 applications prioritaires (outillage et échangeurs).

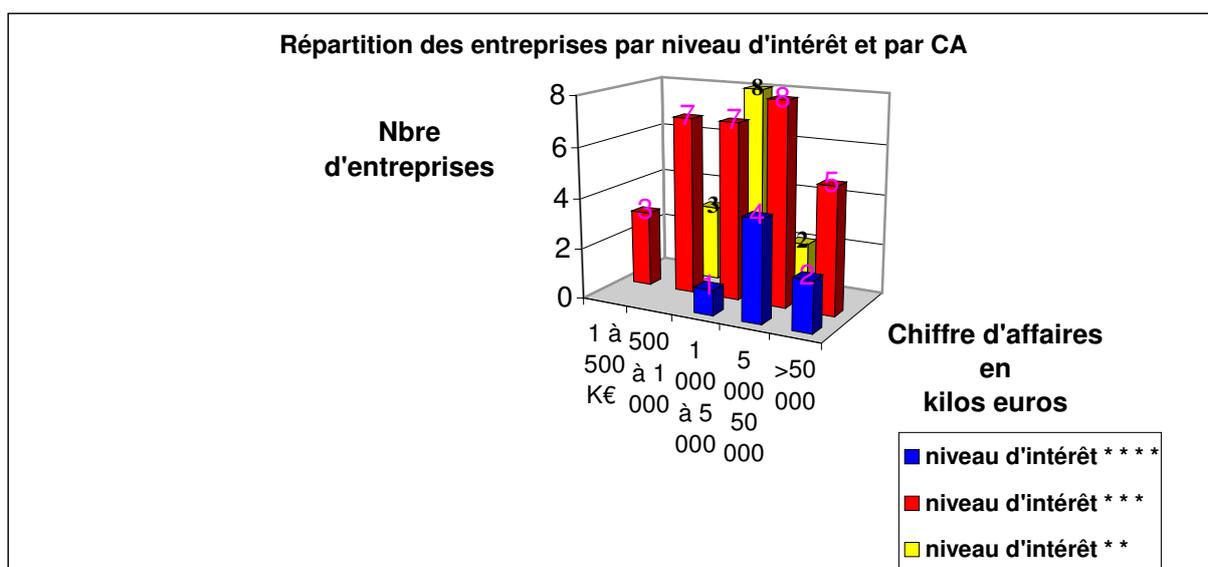


Figure 35. Répartition des entreprises par niveau d'intérêt et par tranche de CA

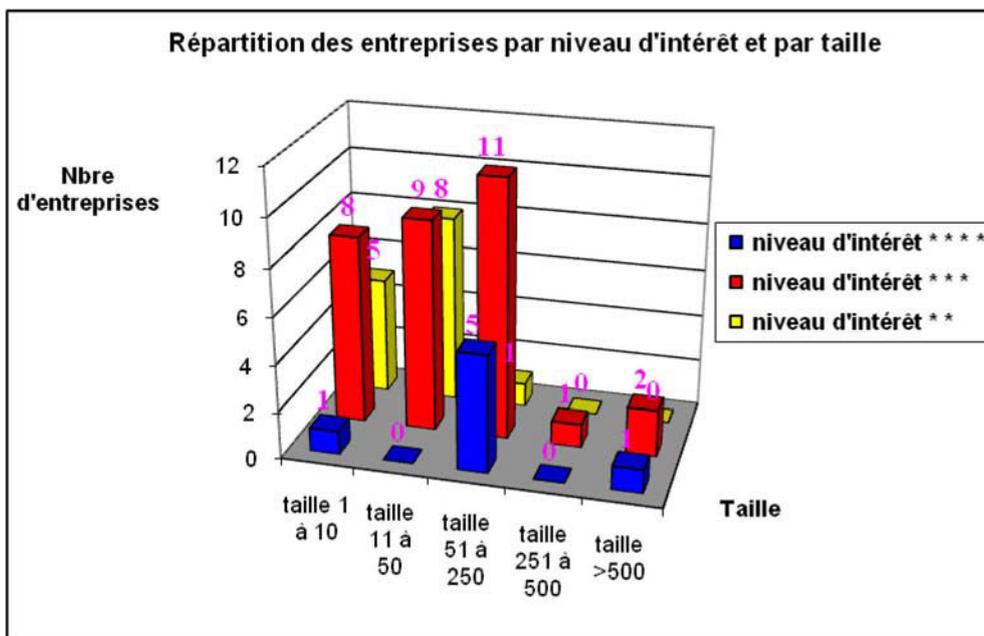


Figure 36. Répartition des entreprises par niveau d'intérêt et par taille

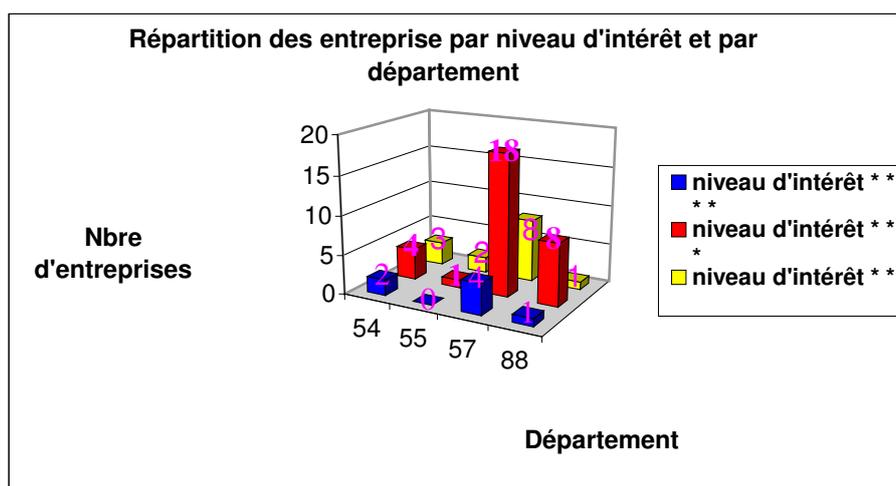


Figure 37. Répartition des entreprises par niveau d'intérêt et par département

L'examen détaillé de la répartition par niveau d'intérêt et par chacun de ces critères (CA, taille, nature de l'activité, localisation géographique), fait ressortir des profils types d'entreprises. Nous détaillons dans le Tableau 47 le profil des entreprises des niveaux « très intéressant » et « intéressant » qui seront à traiter en priorité dans notre étude. Il s'agit de décrire la nature des entreprises que cette approche stratégique privilégie.

Niveau intérêt	Profil type	Explication
Niveau intérêt : très intéressant (****)	CA : supérieur à 1 000 000 €. Taille : PME de 51 à 250 personnes. Localisation géographique : Département 57 / 54 (une seule en 88). Activité qui fait ressortir des problèmes d'usure ou des problèmes d'assemblage pour la fabrication d'échangeurs de chaleurs.	Dans cette catégorie figurent les entreprises qui ont un CA important (cf. Figure 35). Ce critère laisse à penser que ces entreprises ont la capacité d'investir dans la technologie. En termes d'effectif, sont privilégiées les PME. Il est évident de trouver le département 57 dans ce niveau puisque c'est le département le plus riche en entreprises potentielles pour le transfert de brasage (cf. Figure 31). Nous trouvons également des entreprises du département 54.
Niveau intérêt : intéressant (***)	CA : supérieur à 500 000 €. Taille : TPE et PME < 250 personnes. Localisation géographique : Département 57 / 88. Activité qui exige de réaliser des assemblages sous des critères spéciaux.	Dans cette catégorie figurent les entreprises qui ont un CA suffisant pour investir dans une action de transfert (cf. Figure 35). En termes d'effectif, nous nous intéressons au TPEs tout en privilégiant les PME (cf. Figure 36). Il est évident de trouver le département 57 dans ce niveau puisque c'est le département le plus riche en entreprises potentielles pour le transfert de brasage (cf. Figure 31). Nous trouvons également des entreprises du département 88. Ceci se justifie par l'ouverture sur les TPEs dont une part importante est située dans le département 88 (cf. Figure 31 et Figure 33).

**Tableau 47. Profil type d'une entreprise d'un niveau d'intérêt donné**

### *Conclusions de l'étude de ciblage*

Les résultats montrent que face à la multitude des applications potentiellement substituables par la technologie de brasage, cette démarche de ciblage s'avère indispensable. En effet, la méthode permet d'identifier d'une manière précise et raisonnée le chemin sur lequel doit s'engager l'action collective MATBRAZ.

Lors de cette étude, nous nous sommes focalisés sur les entreprises générées par les codes d'activité KOMPASS jugés prioritaires par rapport aux trois applications retenues. Une étude plus large permettra de mieux étudier le tissu lorrain d'entreprises potentiellement intéressées par le brasage. Des outils tels que le data-mining pourront, alors, permettre de caractériser d'une manière pertinente ces entreprises.

Plusieurs contacts ont été établis pour exploiter l'échantillon d'entreprises ainsi sélectionnées. Il y a eu 26 entreprises contactées et 18 entreprises visitées. Notons que chaque visite a fait l'objet d'un compte rendu. Cette démarche a permis de préparer les visites d'entreprises. 18 visites ont été réalisées conjointement avec le CM2T (13/18) et l'IS (5/18). Sur les 18 entreprises rencontrées, 3/18 ont souhaité rejoindre le pôle MATBRAZ et 9/18 ont collaboré avec un des deux partenaires techniques. Ce taux montre l'intérêt de cette approche dans le ciblage des visites en projet de transfert. Nous avons fait le choix, faute de temps, d'en suivre 5. Le Tableau 17 récapitule les chiffres clefs de ce ciblage en partant des entreprises identifiées potentiellement intéressées par le brasage jusqu'arriver aux entreprises sélectionnées pour une étude détaillée au niveau macro.

Axe temps	Entreprises	Nombre d'entreprises
↓	Potentiellement intéressées par le TT dans les applications sélectionnées conformément au benchmarking technologique	136
	Sélectionnées par le groupe de travail comme prioritaires (principalement composées par des PME qualifiées par « très intéressante : **** » et « intéressantes : *** » par le groupe de travail)	46
	Contactées conjointement par ERPI, CM2T et IS	26
	Visitées	18
	Observées au niveau macro sur la durée de 34 mois	5

**Tableau 48. Tableau récapitulatif des entreprises étudiées**

## Extrait des données brutes

Contact	Date du contact	Phases de transfert	Forme du contact	Origine du contact	Durée du contact (mm)	Liste OIT / O	Contenu de l'échange												
							C	M	AP	Q	S	E	O	€	EX <sub>G</sub>	EX <sub>P</sub>	T		
D	C <sub>1</sub>	09/11/2007	Prospecting	Echange direct	Centre de transfert	30		0	0	0	0	0	0	0	0	CE	0	CE	0
D	C <sub>2</sub>	29/11/2007	Prospecting	Téléphonique	Entreprise	290		0	CE	CE	0	0	0	0	0	0	0	CE	C
D	C <sub>3</sub>	04/12/2007	Prospecting	Mail	Centre de transfert	MAIL	OIT : Proposition technique de CM2T format Informatique, Pièce reçu par courrier le 06/12/07.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	0
D	C <sub>4</sub>	07/12/2007	Prospecting	Téléphonique	Centre de transfert	<10		0	0	0	0	C	0	0	0	0	0	C	0
D	C <sub>5</sub>	10/01/2008	Prospecting	Echange direct	Entreprise	325	OIT : Présentation PPT de l'activité CM2T, Planning des phases du projet. O : Plans du moteur à instrumenter.	0	0	CLCE	0	C	0	0	0	CLCE	0	CLCE	C
D	C <sub>10</sub>	01/02/2008	Prospecting	Echange direct	Entreprise	405	OIT : Croquis au tableau pour définir les éprouvettes, Planning du travail à effectuer (support logiciel). O : Plans des pièces à instrumenter.	0	0	CLE	0	0	0	CLCE	CLCE	0	0	CLCE	0
D	C <sub>11</sub>	04/02/2008	Prospecting	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : Tableau de définition des essais de mouillabilité à réaliser, Différents mesures électrique des termo-couple chemisé.	0	0	0	0	0	0	CE	0	0	0	E	0
D	C <sub>12</sub>	04/02/2008	Prospecting	Mail	Entreprise	MAIL		0	0	0	0	0	0	CE	0	0	0	E	0
D	C <sub>13</sub>	04/02/2008	Prospecting	Mail	Entreprise	MAIL		0	0	0	0	0	0	CE	0	0	0	E	0
D	C <sub>14</sub>	04/02/2008	Prospecting	Téléphonique	Entreprise	10		0	0	0	0	0	0	CE	0	0	0	E	0
D	C <sub>15</sub>	06/02/2008	Prospecting	Echange direct	Centre de transfert	270	O : Document de référence pour la composition du matériau d'apport, Les plans des pièces du projet. OIT : Premier devis proposé par CM2T, Croquis de définition des éprouvettes.	0	0	0	0	0	0	CE	0	0	0	CE	0
D	C <sub>16</sub>	08/02/2008	Prospecting	Mail	Entreprise	MAIL		0	0	0	0	0	0	E	0	0	0	0	0

D	C <sub>19</sub>	12/02/2008	Prospecting	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : 3 plans de l'éprouvette de la tête XXX.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	0
D	C <sub>21</sub>	18/02/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	O : Des numéros de plans, Coordonnées d'un fournisseur de brasure. OIT : Plan des éprouvettes de la XXX	0	0	0	E	0	0	E	0	0	E	0
D	C <sub>61</sub>	02/05/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : 2 plan (TE2960MEC1-2, TE2960MEC2-3)	0	0	0	0	0	0	E	0	0	E	0
D	C <sub>64</sub>	06/05/2008	Developing	Téléphonique	Client	150	OIT : Tableau des essais de brasage, Compte rendu de l'analyse de la dissolution réalisée par la CM2T, le texte du mail résumant les actions réalisées du 05/05/08. O : 4 plans (TE2964MEC1-2, TE2964MEC2-2, TE2960MEC1-2, TE2957MEC1-1).	0	0	0	0	0	0	C	CL	0	CLCE	C
D	C <sub>69</sub>	17/06/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	O : plan de l'ensemble à braser.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	0
D	C <sub>81</sub>	15/07/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : Compte rendu de la réunion du 09/07/08.	0	0	0	0	0	0	0	E	0	E	0
D	C <sub>82</sub>	15/07/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	0
D	C <sub>83</sub>	15/07/2008	Developing	Mail	Centre de transfert	MAIL		0	0	0	0	0	0	0	C	0	C	0
D	C <sub>84</sub>	16/07/2008	Developing	Mail	Centre de transfert	MAIL	OIT : Les résultats des mesures électrique des TCs.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	0
D	C <sub>85</sub>	16/07/2008	Developing	Mail	Centre de transfert	MAIL		0	0	0	0	0	0	0	C	0	C	0
D	C <sub>86</sub>	18/08/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : Plan BE282TAB4IRA.	0	0	0	0	0	0	E	0	0	E	0
D	C <sub>87</sub>	26/08/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	0
D	C <sub>88</sub>	01/09/2008	Prospecting	Mail	Entreprise	MAIL	O : 2 plans	0	0	0	0	0	0	0	E	0	E	0
D	C <sub>89</sub>	02/09/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : Planning brasure - modif 2.	0	0	0	0	0	0	E	0	0	0	0
D	C <sub>90</sub>	03/09/2008	Developing	Echange direct	Entreprise / CT	120	OIT : Eprouvette du passage étanche pour contrôle des TCs, Mise au point d'un mode opératoire pour l'instrumentation des TC.	0	0	0	0	0	0	CE	0	0	CE	0

D	C <sub>107</sub>	07/10/2008	Developing	Téléphonique	Entreprise	20		0	0	0	0	0	0	CE	0	0	CE	0
D	C <sub>108</sub>	08/10/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : Tableau de traçabilité des TCÆ1.	0	0	0	0	0	0	E	0	0	E	0
D	C <sub>109</sub>	08/10/2008	Developing	Mail	Centre de transfert	MAIL	OIT : Compte rendu de l'instrumentation du 06/10/08 corrigé par CM2T.	0	0	0	0	0	0	C	0	0	C	0
D	C <sub>110</sub>	08/10/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : Version finale du Compte rendu de l'instrumentation du 06/10/08.	0	0	0	0	0	0	E	0	0	E	0
D	C <sub>116</sub>	10/10/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : Tableau de traçabilité des TC Æ1.	0	0	0	E	0	0	0	E	0	0	0
D	C <sub>118</sub>	13/10/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : Schéma de l'outillage TE2950MEC1-1.	0	0	0	0	0	0	E	0	0	E	0
D	C <sub>119</sub>	15/10/2008	Developing	Téléphonique	Entreprise	44		0	0	0	C	0	0	E	0	0	CE	C
D	C <sub>120</sub>	15/10/2008	Developing	Téléphonique	Entreprise / CT	36	OIT : Schéma de l'outillage TE2950MEC1-1.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CE	0
D	C <sub>121</sub>	16/10/2008	Developing	Mail	Centre de transfert	MAIL		0	0	0	0	0	0	C	C	0	0	0
D	C <sub>122</sub>	20/10/2008	Developing	Téléphonique	Client	75	OIT : Rapport de l'analyse des brasures réalisées par CM2T (support uniquement pour CM2T).	0	0	0	CLCE	CLE	0	CLCE	CLE	0	CLCE	CL
D	C <sub>123</sub>	20/10/2008	Developing	Téléphonique	Entreprise / CT	10	OIT : Fiche de suivi de qualification des TC.	0	0	0	CE	0	0	CE	0	0	C	0
D	C <sub>124</sub>	21/10/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : Photos de la tête XXX.	0	0	0	E	0	0	0	0	0	0	0
D	C <sub>125</sub>	21/10/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL		0	0	0	E	0	0	0	0	0	0	0
D	C <sub>132</sub>	10/11/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : Rapport version papier des résultats d'essais + CD.	0	0	0	0	0	0	E	0	0	0	0
D	C <sub>143</sub>	16/12/2008	Trial	Mail	CT / CL	MAIL	OIT : Photo (communication sur le problème de changement de section).	0	0	0	C	0	0	0	0	0	C	0
D	C <sub>144</sub>	19/12/2008	Trial	Téléphonique	CT / CL	15		0	0	0	C	0	0	0	0	0	CLC	C
A	C <sub>3</sub>	12/11/2007	Prospecting	Téléphonique	Centre de transfert	<10		0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	0

A	C <sub>4</sub>	12/12/2007	Prospecting	Echange direct	Centre de transfert	175	OIT : PPT de la proposition technique de CM2T. O : Norme de brasage au bain de sel, plan de la pièce (plaque de refroidissement).	0	E	E	0	0	0	0	CE	0	CE	CE
A	C <sub>5</sub>	18/01/2008	Developing	Téléphonique	Centre de transfert	<10		0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	0
A	C <sub>6</sub>	25/01/2008	Developing	Echange direct	Entreprise	135	OIT : Schéma de l'outillage de bridage, PPT réalisé par CM2T lors de la rencontre du 12/12/07. O : Document technique qui référence la série des aciers 5000.	0	0	E	E	0	0	0	CE	0	CE	E
A	C <sub>16</sub>	27/06/2008	Developing	Mail	Entreprise	MAIL		0	0	0	0	0	0	E	0	0	E	0
A	C <sub>17</sub>	01/07/2008	Trial	Echange direct	Centre de transfert	205	OIT : 2 échantillons brasés sous vide, Cycle de brasage de l'échantillon. O : Schéma théorique d'un cycle de brasage qui illustre un "over shoot", plan de la pièce.	0	E	E	C	0	0	CE	0	0	E	C
A	C <sub>18</sub>	01/07/2008	Trial	Mail	Entreprise	MAIL	OIT : Compte rendu de la réunion du matin (1/07/08) réalisé par AML.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	C <sub>19</sub>	15/07/2008	Trial	Courrier postale	Entreprise	Colis	OIT : Echantillons de pièces brasé au four réalisé par CM2T.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	C <sub>20</sub>	07/10/2008	Developing	Téléphonique	Centre de transfert	<10		0	0	0	0	0	0	0	0	0	CE	0
A	C <sub>21</sub>	13/10/2008	Developing	Téléphonique	Centre de transfert	15		0	0	0	0	0	0	CE	CE	0	CE	C
A	C <sub>24</sub>	07/05/2009	Developing	Mail	Centre de transfert	MAIL	OIT : Proposition technique chiffrée N0600	0	0	0	0	0	0	0	C	0	C	0
A	C <sub>25</sub>	11/05/2009	Developing	Téléphonique	Centre de transfert	MAIL		0	0	0	0	0	0	CE	0	0	CE	C
A	C <sub>26</sub>	12/05/2009	Developing	Mail	Centre de transfert	MAIL	OIT : Proposition technique chiffrée N0600	0	0	0	0	0	0	C	0	0	C	C
A	C <sub>32</sub>	08/09/2009	Trial	Mail	Centre de transfert	MAIL	OIT : schéma de l'outillage de bridage, descriptif du dispositif.	0	0	0	0	0	0	C	0	0	C	C

A	C <sub>32</sub>	08/09/2009	Trial	Téléphonique	Centre de transfert	<10		0	0	0	0	0	0	0	C	0	0	C	C
A	C <sub>35</sub>	11/09/2009	Trial	Mail	Centre de transfert	MAIL	OIT : Cycle de brasage pour réaliser le prototype.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	C <sub>36</sub>	11/09/2009	Trial	Téléphonique	Centre de transfert	<10		0	0	0	0	0	0	0	CE	0	0	C	0
A	C <sub>37</sub>	14/09/2009	Trial	Courrier postale	Entreprise	Courrier	OIT : bon de commande relatif au devis N° 657.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	C <sub>1</sub>	22/03/2005	Contact	Echange direct	Centre de transfert	150	OIT : PPT des activités de CM2T.	0	E	E	E	0	0	0	0	0	0	0	C
C	C <sub>2</sub>	16/03/2007	Contact	Echange direct	Centre de transfert	60	O : Dessin technique de la pièce à braser.	0	0	0	E	0	0	0	E	0	E	CE	
C	C <sub>3</sub>	16/05/2007	Contact	Echange direct	Centre de transfert	180	OIT : Images de la coupe microscopique du joint brasé.	0	0	0	E	0	0	0	0	0	CE	0	
C	C <sub>5</sub>	13/10/2007	Prospecting	Mail	Centre de transfert	MAIL	OIT : Devis de la prestation technique réalisé : "Etude d'assemblage acier / carbure de tungstène brasées N° 0253".	0	0	0	0	0	0	0	C	0	C	0	
C	C <sub>6</sub>	18/10/2007	Prospecting	Echange direct	Centre de transfert	180	OIT : Echantillons d'outils fissuré	0	0	0	0	0	0	0	CE	0	CE	C	
C	C <sub>7</sub>	07/12/2007	Developing	Téléphonique	Centre de transfert	<10	OIT : Compte rendu sur l'étude de la qualité du brasage d'outil de coupe.	0	0	0	0	0	0	0	C	0	C	0	
C	C <sub>8</sub>	04/01/2008	Developing	Echange direct	Entreprise	120	OIT : Photos de l'analyse microscopique d'outil de coupe fissurée.	0	0	0	E	0	0	CE	0	0	CE	0	
C	C <sub>9</sub>	07/02/2008	Developing	Echange direct	Entreprise	145	OIT : Photos de l'analyse microscopique d'outils de coupe fissurés, Proposition technique pour l'étude d'un problème liée à des barrettes brasées.	0	0	0	0	0	0	0	C	0	CE	0	
C	C <sub>10</sub>	17/03/2008	Developing	Echange direct	Centre de transfert	285		0	0	E	E	0	0	C	C	0	CE	CE	
C	C <sub>11</sub>	31/03/2008	Prospecting	Echange direct	Centre de transfert	60	OIT : Facture des travaux réalisés.	0	0	0	0	0	0	CE	CE	0	0	0	
C	C <sub>12</sub>	16/04/2008	Prospecting	Mail	Centre de transfert	MAIL		0	0	0	0	0	0	0	C	0	0	0	

<b>B</b>	C <sub>5</sub>	18/09/2007	Adoption	Courrier postale	Centre de transfert	Courrier postale	OIT : Devis proposé par CM2T pour poursuivre le partenariat établi en 2006.	0	0	0	0	0	0	C	C	0	C	0
<b>B</b>	C <sub>5</sub>	18/01/2008	Adoption	Courrier postale	Centre de transfert	Courrier postale	OIT : Devis proposé par CM2T pour une sous-traitance de brasage au four.	0	0	0	0	0	0	C	C	0	0	0
<b>E</b>	C <sub>4</sub>	29/05/2009	Adoption	Courrier postale	Centre de transfert (IS)	courrier postale	OIT : Rapport détaillant le mode opératoire à suivre pour braser et les résultats d'analyses effectuées sur les pièces brasés par l'entreprise.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AUTORISATION DE SOUTENANCE DE THESE  
DU DOCTORAT DE L'INSTITUT NATIONAL  
POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

o0o

VU LES RAPPORTS ETABLIS PAR :

**Monsieur Serge TICHKIEWICH, Professeur, INPG, Lab. G-SCOP, Grenoble**

**Madame Anne-Marie JOLLY-DESODT, Professeur, Polytech Orléans, Orléans**

Le Président de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, autorise :

**Madame KOOLI Hanen épouse CHAABANE**

à soutenir devant un jury de l'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE,  
une thèse intitulée :

**"Le transfert de technologie vu comme une dynamique des compétences technologiques :**

**application à des projets d'innovation basés sur des substitutions technologiques par le  
brasage métallique"**

en vue de l'obtention du titre de :

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

Spécialité : « Génie des Systèmes Industriels »

Fait à Vandoeuvre, le 05 novembre 2010

Le Président de l'IN.P.L.,

F. LAURENT



## **Le transfert de technologie vu comme une dynamique des compétences technologiques : application à des projets d'innovation basés sur des substitutions technologiques par le brasage métallique**

### **Résumé**

Le transfert de technologie est un processus d'innovation loin de se résumer à une simple relation émetteur / récepteur de connaissances. Il est complexe et de ce fait, les facteurs déterminants de son succès sont encore mal connus, sa modélisation reste à étudier et des principes de pilotage sont à établir.

Cette thèse propose une modélisation descriptive du processus de transfert de technologie afin de mieux comprendre la dynamique des projets de transfert de technologie et de dégager des bonnes pratiques permettant de mieux le piloter. Dans le champ théorique, nous avons analysé les modèles de transfert de technologie existant dans la littérature et avons proposé un méta-modèle du point de vue de l'ingénierie système. Nous avons ensuite cherché à mieux comprendre les phénomènes in situ.

Pour ce faire, une méthodologie d'observation pour la collecte des données au niveau « micro » a été mise au point. Nous avons suivi cinq projets de transfert durant une période allant de trois mois à deux ans. Deux dimensions ont été privilégiées : la dimension immatérielle et matérielle. Le concept d'Objet Intermédiaire de Transfert (OIT) est introduit à partir de la notion d'Objet Intermédiaire de Conception.

Les données obtenues ont été analysées selon deux approches :

- une approche comparative descriptive, permettant d'identifier les invariants et les phénomènes divergents entre les cinq processus.
- une approche multicritère basée sur la théorie des ensembles approximatifs. Cette dernière approche fournit des informations utiles pour la compréhension du processus par l'intermédiaire des règles de connaissances. Elle a validé l'importance des OIT dans la dynamique du projet finale.

**Mot clefs :** *Transfert de technologie, objet intermédiaire de conception, modèle, facteur clé de succès, émetteur-récepteur, dominance, construction, multi-acteur, niveau « micro ».*

## **Technology transfer as a dynamic in the field of technological competencies: application to the case of innovative projects based on brazing technologies**

### **Abstract**

Technology transfer is an innovation process far from to be defined as a simple transmitter / receiver relationship of knowledge. It is complex. Thus the determinants of its success are still poorly understood and its modeling remains to be studied to a better management and optimization of the process.

This thesis proposes a descriptive modeling of the technology transfer process. The aim is to have better understanding of the dynamics of technology transfer projects, and developing best practices to improve its management.

In the theoretical field, we analyzed the models of the literature and proposed a meta-model of technology transfer from the point of view of systems engineering. We then sought to better understand the phenomena in situ.

In order to reach our aim, an observation methodology for data collection at the micro level has been developed. We followed five transfer projects for a period ranging from three months to two years. Two dimensions have been emphasized: the immaterial and the material dimension. The concept of Intermediate Transfer Object (ITO) is introduced from the concept of design intermediary object.

The data obtained were analyzed using two approaches:

- a comparative descriptive approach, identifying invariants and divergent phenomena between the five processes. This has allowed us to propose best practices for technology transfer project management in the context of brazing.

- a multicriteria approach based on the rough sets theory. This approach provides useful information for understanding the process through the decision rules. It validated the importance of the technology transfer object in the dynamics and the success of a project.

**Keywords :** *Technology Transfer, intermediate object design, model, key success factor, broadcast model, dominance, construction, multi-player, micro level.*