



HAL
open science

Proposition d'une méthode d'amélioration de la cohérence des processus industriels

Gwenola Bertoluci

► **To cite this version:**

Gwenola Bertoluci. Proposition d'une méthode d'amélioration de la cohérence des processus industriels. Sciences de l'ingénieur [physics]. Arts et Métiers ParisTech, 2001. Français. NNT: . tel-00005759

HAL Id: tel-00005759

<https://pastel.hal.science/tel-00005759>

Submitted on 5 Apr 2004

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.

N° d'ordre : 2001- 4

École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers
Centre de Paris

THESE

PRESENTÉE POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR
DE
L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE
D'ARTS ET MÉTIERS

Spécialité : GENIE INDUSTRIEL

PAR

Gwenola BERTOLUCI

**PROPOSITION D'UNE METHODE D'AMELIORATION DE LA COHERENCE
DES PROCESSUS INDUSTRIELS**

Soutenue le 21 décembre 2001, devant le jury d'examen composé de :

MM. M. LEBAN, Professeur, CNAM	Président
O. GARRO, Professeur, UTBM/M3M	Rapporteur
J.F. BOUJUT, Maître de Conf. HDR, INPG/3S	Rapporteur
J. BIROUSTE, Professeur, Univ. Paris X, Nanterre.....	Examineur
R. DUCHAMP, Professeur, ENSAM/ CPNI	Examineur
M. LE COQ, Maître de Conf. ENSAM/ CPNI	Examineur
R. CANONNE, Professeur, ENSAM/ LOGIL.....	Examineur

L'ENSAM est un Grand Établissement composé de huit centres :
AIX-EN-PROVENCE – ANGERS – BORDEAUX – CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE – CLUNY – LILLE – METZ -
PARIS

« ...la dialectique (est) en général une logique de l'apparence. Cela ne veut pas dire qu'elle soit une théorie de la vraisemblance, car la vraisemblance est une vérité, mais une vérité connue par des principes insuffisants ; la connaissance de cette vérité, tout en étant défectueuse, n'est pourtant pas trompeuse pour cela et, par suite, elle ne doit pas être séparée de la partie analytique de la logique. Encore plus faut-il se garder de tenir pour identiques le phénomène et l'apparence. En effet, la vérité ou l'apparence ne sont pas dans l'objet, en tant qu'il est intuitionné, mais dans le jugement que nous portons sur cet objet, en tant qu'il est pensé... »

Emmanuel KANT

« Critique de la raison pure », 1781

*« Logique transcendantale – Dialectique transcendantale »
Ed. Quadrige/PUF, ISBN 2130394744,1986.*

à Marie,

...Aux heures volées, sorties envolées,

mais qui n'ont jamais empêché un amour partagé....

Remerciements

Ce document est l'aboutissement de trois années de travail et il n'aurait jamais existé sans l'aide et le soutien des professeurs, collègues, amis et proches qui m'ont soutenue et épaulée au cours de cette période, scientifiquement et humainement, je souhaite qu'ils en soient tous remerciés.

Je remercie également Robert DUCHAMP, Directeur du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux & Innovation d'avoir accepté d'être mon directeur de recherche.

Je souhaite témoigner ma reconnaissance à Marc LE COQ, Directeur des Études de l'ENSAM, et Co-directeur de ces travaux, pour l'intérêt qu'il a témoigné à mon travail, pour ses idées et ses propositions qui ont alimenté mon dynamisme et celui de mes travaux et pour la confiance qu'il m'a accordée.

Je tiens à remercier les différentes personnes qui ont accepté de juger de ce travail.

Ces remerciements s'adressent tout particulièrement à Olivier GARRO, coordinateur de la thématique "Conception Innovante et Distribuée" et professeur des Universités au laboratoire M3M de l'UTBM et à Jean François BOUJUT, Maître de conférences HDR au laboratoire 3S de l'INPG, pour avoir accepté de juger de ce travail en tant que rapporteurs et m'avoir permis de poursuivre ma réflexion par les discussions ont suivi ce travail.

Que Jacques BIROUSTE, vice-président de la Recherche à l'Université Paris X de Nanterre, Raymond LEBAN, Président du département Économie et Gestion du CNAM de Paris et Robert CANONNE, Directeur du laboratoire Organisation et Gestion des Entreprises de l'ENSAM de Paris soient également remerciés de leur implication dans l'évaluation de ce travail.

J'adresse des remerciements tout particulier à Yvon LE MEUR, enseignant au CER de l'ENSAM d'Angers pour ce thème de recherche que tu as initié et pour la chaleur et l'intérêt des discussions auxquelles il donna lieu ensuite.

Merci à tous ceux et celles, qui, dans les laboratoires OGE et CPNI, dans l'établissement de Paris et les centres de province de l'ENSAM ont participé aux réflexions et actions associées à ces travaux. Je nommerai ici tout particulièrement Guillaume DUPONT et les membres du GTT4.

Que Mathilde TOMBEREAU et Annie GRIVAULT du laboratoire OGE, soient également remerciées, pour leur aide et gentillesse quotidiennes.

Merci, bien sûr, à mes proches pour leur patience. Mention spéciale pour ceux - enfant, parents et amis - qui ont supporté durant ces trois années mes inquiétudes, rêveries.... et ont permis la rédaction de ce document par leur aide « logistique ».

Et enfin, pensées et remerciements à Bernard, la distance qui nous sépare depuis ces derniers mois ne t'empêche pas d'être là, malgré...les apparences, et de continuer à me remettre en route quand il le faut, merci à toi, pour ça, et pour le reste...

Table des matières

Chapitre 1 - Positionnement de la recherche	10
1.1. Les organisations industrielles	11
1.1.1. Organisations : structures et dynamique	12
1.1.2. Les facteurs d'influence des typologies d'organisations	14
1.1.3. Synthèse	17
1.2. Les contraintes et solutions issues des évolutions internes et externes aux entreprises	19
1.2.1. La relation entreprise/marché	19
1.2.2. Tendances d'évolution des formes organisationnelles	22
1.2.3. Les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication	25
1.2.4. L'apprentissage organisationnel	28
1.2.5. Synthèse	31
1.3. Les pratiques déployées pour renforcer la cohérence des actions.	33
1.3.1. Le recentrage des activités par la création de valeur au sein des processus	33
1.3.2. Les limites d'actions de la direction	34
1.3.3. Les projets industriels d'amélioration organisationnelle	36
1.3.4. Synthèse	38
1.4. Positionnement de notre recherche	41
Chapitre 2 - Problématique	44
2.1. Les dysfonctionnements	45
2.1.1. Les processus	45
2.1.2. Expressions et causes des dysfonctionnements au sein des processus	46
2.1.3. Synthèse	50
2.2. La structure générique d'une méthode d'amélioration	52
2.2.1. De la conception de produit à la reconception de processus	52
2.2.2. Les étapes constitutives d'une méthode de résolution de problème (MRP)	57
2.2.3. Synthèse	65
2.3. Le traitement des dysfonctionnements au sein des processus industriels	66
2.3.1. Introduction	66
2.3.2. Projet de traitement des non-conformités	69
2.3.3. Méthode de Résolution de problèmes	70
2.3.4. Business Process Reengineering	71
2.3.5. Méthode GRAI	72
2.3.6. Synthèse	73
2.4. Le traitement des dysfonctionnements au sein des produits et procédés	76
2.4.1. Introduction	76
2.4.2. L'analyse de la valeur	78
2.4.3. Outils du Management de la Qualité	79
2.4.4. Méthode PAPSA	80
2.4.5. TRIZ	81

2.4.6.	Synthèse	82
2.5.	Méthodes de management	84
2.5.1.	Introduction	84
2.5.2.	Influence des phénomènes liés à la dynamique des groupes	84
2.5.3.	Les conditions propices au développement des organisations intelligentes	85
2.5.4.	Synthèse	88
2.6.	Synthèse générale	90
2.6.1.	Les lacunes de la phase d'identification du problème	90
2.6.2.	Les lacunes de la phase d'analyse du problème	91
2.6.3.	Les lacunes de la phase de recherche de solutions	91
2.6.4.	Les lacunes de la phase d'évaluation des solutions	92
2.6.5.	Les lacunes de la phase d'implantation	92
Chapitre 3 - Construction du modèle		93
3.1.	Hypothèses	94
3.2.	Les implications relatives à l'utilisation de TRIZ	96
3.2.1.	Genèse et fondements	96
3.2.2.	Forces et faiblesses des pratiques de mise en œuvre de TRIZ	99
3.2.3.	Les limites de la robustesse de la méthode	101
3.3.	Applicabilité de TRIZ aux problèmes non-technologiques	104
3.3.1.	État de l'art des recherches actuelles dans ce domaine d'application	104
3.3.2.	Parallèle entre l'évolution des systèmes technologiques et celle des systèmes organisationnels	106
3.4.	Construction du modèle	110
3.4.1.	Introduction	110
3.4.2.	Protocole d'élaboration du modèle	110
3.4.3.	Représentation macrographique du modèle	111
3.4.4.	Modèle, 1ère partie : formaliser et modéliser le problème	112
3.4.5.	Modèle, 2ème partie : générer des concepts de solutions	115
3.4.6.	Modèle, 3ème partie : construire et sélectionner les solutions spécifiques	117
3.4.7.	Bilan	118
Chapitre 4 - Expérimentations		120
4.1.	Protocole	121
4.1.1.	Types de cas traités	121
4.1.2.	Grille de lecture des cas	121
4.1.3.	Critères d'évaluation des résultats	122
4.2.	Application du modèle à un cas produit (Connecteur Syléa)	123
4.2.1.	Contexte et nature du problème traité	123
4.2.2.	Formalisation et modélisation du problème	123
4.2.3.	Génération des voies de solutions	129
4.2.4.	Construction et sélection des solutions spécifiques au problème	131
4.2.5.	Résultats techniques obtenus	131
4.2.6.	Analyse des résultats	134
4.2.7.	Bilan	136
4.3.	Évolutions apportées au modèle pour son application aux processus	138

4.3.1.	Modifications apportées à la formalisation et modélisation du problème	138
4.3.2.	Modifications apportées à la phase de génération des voies de solutions	140
4.3.3.	Modifications apportées à la phase de construction et de sélection des solutions spécifiques	143
4.4.	Application du modèle à un cas processus – Cartonnages Guillaume	144
4.4.1.	Contexte et nature du problème traité	144
4.4.2.	Formalisation et modélisation du problème	145
4.4.3.	Génération des voies de solutions	151
4.4.4.	Construction et sélection des solutions spécifiques au problème	152
4.4.5.	Résultats techniques obtenus	153
4.4.6.	Analyse des résultats	153
4.4.7.	Bilan	156
4.5.	Application du modèle à un cas processus – La Mancelle de Fonderie	158
4.5.1.	Contexte et nature du problème traité	158
4.5.2.	Formalisation et modélisation du problème	158
4.5.3.	Génération des voies de solutions	162
4.5.4.	Construction et sélection des solutions spécifiques au problème	163
4.5.5.	Résultats techniques obtenus	164
4.5.6.	Analyse des résultats	166
4.5.7.	Bilan	170
Chapitre 5 - Conclusions et perspectives		172
5.1.	Résumé	173
5.1.1.	Synthèse de la méthode	173
5.1.2.	Natures et qualités des résultats en amélioration de produits	175
5.1.3.	Natures et qualités des résultats en amélioration de processus	176
5.2.	Apports et Limites de l'approche proposée par la méthode	180
5.2.1.	Au domaine industriel	180
5.2.2.	Au domaine scientifique	181
5.3.	Perspectives	182
5.3.1.	Simplification de l'exploitation de la méthode en milieu industriel	182
5.3.2.	Amélioration de la pertinence des pratiques développées	182
5.3.3.	Amélioration de l'efficacité des bases de données de TRIZ pour la résolution des problèmes organisationnels	183
5.3.4.	Conclusion	183

Introduction Générale

Lorsqu'un groupe restreint d'individus, finalisé par des objectifs communs, doit organiser les actions qu'il a à mener pour atteindre ses objectifs, un mode informel de communication s'instaure entre ses membres. Dès lors que :

- la réalisation de cet objectif implique une répartition du travail entre ses membres,
- la taille de ce groupe devient trop importante pour qu'un mode informel de communication lui permette de coordonner ses actions,

des règles, orales ou écrites, de fonctionnement de ce groupe doivent être prédéfinies. Cette prédéfinition permet d'assurer la cohérence, et la synchronicité, des opérations effectuées par chacun, en accord avec les objectifs poursuivis par le groupe.

Le rôle de l'organisation d'une entreprise est de se substituer aux pratiques informelles d'ajustement mutuel du groupe et de définir les ressources et règles à employer pour atteindre les objectifs du groupe. Mais toute entreprise est le lieu de multiples dysfonctionnements aux causes et aux manifestations diverses. Les travaux de recherche présentés dans ce document s'intéressent plus particulièrement à ceux qui se manifestent dans les processus opératoires des PME/PMI. Parmi les dysfonctionnements évoqués, nous concentrons notre travail sur ceux qui ont pour origine une incohérence d'exploitation des ressources et se traduisent par une incapacité du processus à satisfaire les fonctionnalités qu'il devrait présenter.

Nous proposons une méthode d'amélioration construite sur une synthèse des concepts, principes et outils employés tant dans la reconception des processus que dans celle des systèmes technologiques : produits et procédés. Nos apports sur la conception globale et cohérente des processus industriels se fondent donc sur une analogie entre produits et processus. Cette orientation est motivée par des raisons fortes. D'une part, les méthodes et outils de conception/reconception de produits nous apparaissent plus propices à une conception globale. D'autre part, dans un souci de réactivité toujours croissante, les processus industriels sont de plus en plus éphémères en termes de solutions ; autrement dit, ils doivent s'adapter de plus en plus rapidement entre eux et vis-à-vis d'un environnement extérieur (à l'entreprise) évolutif. Les méthodes s'appliquant aux produits ont intégré ces aspects depuis des décennies.

L'originalité de la méthode que nous proposons se manifeste particulièrement lors des phases d'analyse du problème et de recherche de solutions. La méthode s'attache, d'une part, à identifier les différentes natures et formes de besoins à satisfaire – ce qu'imposent des systèmes complexes tels que les organisations – d'autre part, à clarifier et modéliser le système réel par une synthèse des représentations que s'en font les différents sous-groupes fonctionnels et hiérarchiques de l'entreprise. La seconde particularité de cette méthode est de proposer des espaces créatifs instrumentés aux acteurs des processus. Cette pratique permet d'améliorer, à la fois, la pertinence des solutions apportées et l'implication des acteurs dans leur mise en œuvre.

Enfin, l'objet de la mise en œuvre de cette méthode n'est pas uniquement de résoudre le problème ponctuel qui fait l'objet du projet d'amélioration. Les dysfonctionnements liés aux incohérences d'exploitation des ressources au niveau opératoire peuvent être le résultat d'une erreur commise lors :

- de la conception des dimensions formelles du processus,
- des pratiques opératoires réellement mises en œuvre (processus non formalisé ou processus formalisé non respecté),
- des décisions prises en temps réel modifiant les procédures prévues afin de les adapter aux événements.

Dans ces trois cas de figures l'erreur de conception qui est commise est inhérente soit :

- à une mauvaise identification du besoin réel à satisfaire, c'est-à-dire à une intégration insuffisante des différentes formes de besoins,

- à une méconnaissance des conditions réelles et globales d'exécution de l'ensemble du processus.

Dans ce contexte, l'objet de la méthode est de permettre de développer une culture et une intelligence commune aux différents sous-groupes qui interviennent sur ces processus afin de diminuer la probabilité d'existence de telles lacunes.

La logique qui a guidé la structuration et l'instrumentation de cette méthode repose sur l'analyse préalable menée sur les organisations industrielles, leur conception et les problèmes induits par les évolutions de leur environnement sur leur fonctionnement. Dans le premier chapitre de ce document, nous définissons les bases de notre sujet d'étude.

Pour cela, nous énonçons (section 1.1) le sens que nous donnons au terme « organisation » et positionnons les thèmes qui constituent ensuite le support de notre travail :

- les composantes de l'organisation, dans leur dimension physique,
- leur configuration/agencement et la dimension dynamique qui s'y relie,
- la finalité de cet ensemble qui est l'atteinte des objectifs du groupe.

Nous montrons ensuite que certaines caractéristiques propres aux organisations et à leurs environnements induisent naturellement des choix de typologies des composantes au sein de ces organisations (main d'œuvre qualifiée ou non, flux poussé/tiré...). Cependant, dans les phases aval de construction des solutions, il n'est plus possible de se référer à des modèles. Ce sont les contraintes spécifiques à chaque situation qui doivent être considérées.

Dans la section 1.2, nous identifions deux facteurs exerçant une influence majeure sur les valeurs caractéristiques à prendre en compte pour construire ces solutions :

- la relation entreprise/marché et le degré de réactivité qu'elle impose à l'organisation de posséder,
- le degré d'autonomie que l'organisation doit / peut / veut laisser à l'homme.

Nous montrons alors que le besoin croissant de réactivité impose l'ouverture d'espaces d'autonomie de plus en plus larges aux acteurs des processus. De cette autonomie découle la difficulté pour la direction de contrôler les pratiques opératoires et de s'assurer de leur concordance avec ses objectifs. Cette autonomie renforce également la segmentation entre les groupes facilitant l'émergence de variations de points de vue entre eux tant sur les objectifs à atteindre que sur les conditions à prendre en compte pour y parvenir. L'étude documentaire menée révèle les limites de l'apport des NTIC¹ pour résoudre ce problème. Leur manque de flexibilité et leur capacité à transférer des données plus qu'à créer de l'information imposent de compléter ce mode de communication si l'on souhaite établir une vision partagée de l'existant et des objectifs entre les différents groupes. C'est pour atteindre ce résultat de vision commune que certaines entreprises cherchent à initier des processus d'apprentissage organisationnel. La mise en application concrète, dans tous les niveaux et les groupes de l'entreprise, de cette culture demeure cependant difficile. Ce sujet est particulièrement ardu pour les PME/PMI qui ne disposent pas de ressources humaines très importantes pour se consacrer à l'étude d'un « développement culturel » de l'entreprise.

Après avoir examiné succinctement les contraintes que les organisations industrielles doivent intégrer en phase de conception ou de reconception nous examinons, dans la section 1.3, les moyens déployés par les entreprises dans leur fonctionnement quotidien et routinier pour répondre à ces problèmes. Cette partie fait émerger l'impossibilité d'un mode de gestion par les processus à optimiser le rapport énergie et ressources consommées/ valeur ajoutée lorsque :

- l'ensemble des acteurs ne possède pas une vision globale du processus transversal dans lequel ils interviennent,

¹ NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

- les objectifs assignés au niveau de chaque opération entrent en conflit avec les objectifs fournis à chaque service et n'intègrent pas les contraintes opérationnelles lors de leur définition.

Cette hétérogénéité des objectifs peut permettre la réalisation d'actions antagonistes – « préconçues » ou décidées en temps réel pour lesquelles les directions et l'encadrement hiérarchique intermédiaire ne disposent ni de la maîtrise ni de la connaissance de l'ensemble des pratiques opératoires nécessaires pour les empêcher. Il leur est donc également difficile de détecter les dysfonctionnements qui s'y produisent et plus encore les causes réelles de ces dysfonctionnements. Ceux-ci sont le plus souvent révélés par :

- la non-atteinte des objectifs assignés aux services,
- des plaintes clients,
- de mauvais résultats d'audit,
- ...

qui donnent lieu au déploiement de projets d'amélioration. Nous montrons cependant au travers de l'analyse documentaire effectuée que beaucoup de ces projets ne présentent pas un taux de réussite satisfaisant. Ces projets impliquent lorsqu'ils aboutissent, une reconception d'opération, de processus fonctionnel ou de processus transversal. La conclusion selon laquelle ces projets ne donnent pas satisfaction doit donc mener à une analyse plus fine des difficultés rencontrées dans leurs exécutions. Sont-ils tous menés avec les mêmes méthodes, pratiques ? Les origines de leurs échecs sont-elles similaires ? Et, puisque ces projets sont des projets de reconception, quelles différences conceptuelles peut-on établir entre les pratiques déployées dans des projets destinés à l'amélioration de systèmes technologiques et celles utilisées dans les projets concernant les organisations ? Il s'agit ici des différentes questions auxquelles nous nous efforçons de répondre dans le deuxième chapitre de ce document.

Dans ce deuxième chapitre, nous présentons les définitions des processus industriels et des formes de dysfonctionnements sur la base desquelles ces travaux ont été menés. Nous montrons ainsi que ces dysfonctionnements ont pour origine l'inadéquation des caractéristiques de certains composants à satisfaire individuellement, ou par le jeu d'interactions entre composants, à l'ensemble des contraintes et besoins réels associés au processus. Nous mettons ainsi en relief la difficulté à intégrer simultanément au niveau opérationnel la déclinaison des objectifs assignés aux processus transversaux et les limitations inhérentes aux conditions opératoires réelles. Nous montrons également que, de façon similaire à ce qui se produit en conception de systèmes technologiques, les processus de conception parcellaires et séquentiels des solutions prédéfinies et routinières sont des causes majeures de ces incohérences.

Afin de réduire ces incohérences nous proposons de positionner le processus de conception comme un processus destiné à résoudre les problèmes que pose l'adaptation d'un concept de solution à un milieu réel. La similitude des problématiques améliorations de produit/processus implique que nous appliquions cette approche aux deux domaines. En conséquence, la structure de la méthode d'amélioration des systèmes que nous proposons, et qui s'appuie sur un schéma propre aux méthodes de résolution de problèmes, se veut universelle. Nous utilisons ensuite cette structure comme référentiel d'analyse des méthodes d'amélioration que nous étudions.

Dans le cas des projets d'amélioration des organisations, les méthodes étudiées sont :

- les projets de traitement des non-conformités,
- les méthodes de résolution de problèmes,
- le Business Process Reengineering,
- la méthode GRAI.

Dans le cas des projets d'amélioration des systèmes technologiques, les méthodes étudiées sont :

- l'analyse de la valeur,
- les outils du management de la qualité,
- la méthode PAPSA,
- TRIZ.

Nous complétons ensuite notre analyse méthodologique par une approche sur les méthodes de management destinées à favoriser l'implication des acteurs et la création d'une culture et d'une intelligence collective au sein de l'entreprise.

Cette analyse nous permet de conclure qu'en ce qui concerne les méthodes dédiées aux organisations celles-ci sont structurées et instrumentées pour répondre à la vision et au paradigme propres aux trois niveaux (stratégie, gestion et opération) de l'organisation qu'elles impliquent respectivement. Aucune d'entre elles ne peut donc permettre de créer la vision globale des objectifs et contraintes que doit satisfaire le processus étudié. Par ailleurs, l'examen détaillé des pratiques et outils auxquels elles renvoient, révèle de nombreuses lacunes fonctionnelles dans chacune d'entre elles. Nous montrons également que l'intégration de certains de leurs concepts et outils respectifs au sein d'une méthode unique ne suffirait pas à satisfaire aux critères que nous avons définis en début de chapitre. En effet :

- En phase d'analyse du problème, l'identification des causes de dysfonctionnements et des objectifs à atteindre est menée soit de façon très locale (le périmètre se limite à une opération, un processus fonctionnel) soit au contraire ce sont les grands processus transversaux qui sont étudiés. Aucune des méthodes étudiées ne propose une filiation entre ces deux niveaux d'analyse, il est donc impossible de mettre en évidence les dysfonctionnements.
- En phase de recherche de solutions. Ce sont, généralement, des experts qui interviennent ou pour le moins l'encadrement intermédiaire. Ceux-ci exploitent le plus souvent leur expérience plus qu'ils ne construisent de solutions. Or la complexité des systèmes organisationnels fait que chaque situation est unique. Si donc les concepts peuvent être issus de la connaissance, leur adaptation ne peut être envisagée sans une démarche créative incluse dans un cycle plus global de conception. Par ailleurs, ces solutions construites par un groupe non représentatif de l'ensemble des intervenants sur le processus, ne bénéficient pas totalement du phénomène de maturation (définition du problème/construction de la solution) au cours duquel les acteurs des processus, s'ils intervenaient, pourraient progressivement inclure dans la définition du problème les pratiques informelles qu'ils emploient. Enfin, il découle de cette non intégration des acteurs des processus à la phase de définition des solutions un renforcement des routines défensives qui entraînent le rejet de solutions proposées.
- La conception du déploiement de ces solutions. Cette phase est majoritairement prise en compte sous l'aspect méthodologique de gestion de projet (planification, budget, plan d'actions...). Les problèmes induits (par la solution) de refus du changement et de blocages ultérieurs ne sont généralement peu ou pas traités.

Parallèlement, notre étude sur les méthodes et outils employés en conception de produits démontre des possibilités offertes par l'analyse fonctionnelle pour combler les lacunes méthodologiques de la phase d'analyse des organisations. L'emploi de l'analyse fonctionnelle offre le support recherché pour créer une filiation entre l'objectif d'un processus transversal et les caractéristiques des composants employés pour y parvenir. Cependant, l'analyse fonctionnelle ne peut pas fournir une représentation adaptée à la dimension complexe et dynamique de ces systèmes. Aussi son utilisation doit être complétée par des outils qui permettent l'analyse et la représentation de cette complexité. De plus, cette étude souligne l'intérêt particulier de la méthode TRIZ et de ses qualités spécifiques en potentialités créatives. Ce constat suscite une interrogation quant à l'aide qu'elle pourrait fournir tant pour la conduite de l'analyse de problèmes de toutes natures que pour leur résolution.

Enfin, les recommandations issues des méthodes de management renforcent et complètent notre analyse en proposant d'initier un processus d'apprentissage organisationnel au travers de projets et d'actions permettant à un groupe d'acteurs de se créer une communauté de représentation de l'existant, de sa complexité, et d'objectifs.

Cette approche de la problématique étudiée nous conduit, au chapitre 3, à proposer plusieurs hypothèses sur la base desquelles nous élaborons ensuite notre méthode. La première d'entre elles porte sur le fait que des outils et méthodes habituellement employés en conception de produits peuvent être pertinents en phase d'analyse des systèmes complexes. Cette hypothèse repose sur le fait de compléter ces outils par d'autres permettant la représentation et la compréhension de ces systèmes complexes. Ces pratiques associées doivent permettre une approche systémique du fonctionnement de la structure définie dans sa liaison objectifs/architecture par l'analyse fonctionnelle.

La seconde hypothèse porte sur la pertinence d'employer TRIZ, outil de créativité, développé a priori pour des systèmes technologiques, à des organisations. Nous présentons, au sous-chapitre 3.3, les travaux réalisés sur ce thème. Leurs conclusions nous amènent à avancer qu'il est possible de modéliser des problèmes organisationnels avec les outils de TRIZ et que les concepts de solutions proposés par la méthode proposent des voies effectivement employées dans des systèmes organisationnels. Nous retenons de ces résultats que s'ils ne garantissent pas la pertinence de l'ensemble des concepts proposés par la méthode ils autorisent le fait d'envisager leur emploi comme soutien à une démarche créative.

La troisième hypothèse que nous énonçons porte sur la capacité d'initier un apprentissage organisationnel en intégrant fortement les acteurs des processus dans le déroulement du projet. Leur intégration dans les phases d'analyse et de recherche des solutions doit renforcer leur implication et leur permettre de se positionner dans l'ensemble de l'organisation à condition que ces deux étapes fournissent les conditions nécessaires à l'obtention:

- d'une vision globale du fonctionnement du système et des phénomènes qui y relient ces différents niveaux.
- d'un comportement pro-actif des acteurs dans la phase de recherche des solutions

Au terme de cette partie nous proposons un premier modèle de notre méthode (section 3.4) qui évolue ensuite grâce aux trois expérimentations présentées dans le chapitre 4.

La première de ces expérimentations a été consacrée à tester notre modèle sur un problème technologique. Elle a permis de valider la capacité de la méthode, dans son contexte technologique, à conduire un projet d'amélioration qui aboutisse à la proposition de solutions satisfaisantes et créatives. Ce résultat a effectivement été validé puisque le projet, consacré à un sujet récurrent et donc déjà largement abordé par les concepteurs de l'entreprise, a abouti à un projet de nouveau produit/procédé de fabrication et à un projet de recherche et développement destiné à évaluer les possibilités concrètes d'un changement de technologie.

Par ailleurs, les observations effectuées sur les comportements et réactions des membres du groupe ont impliqué des modifications des pratiques mises en œuvre dans ce premier modèle (ordre des thèmes abordés dans la phase d'analyse, nombre et qualité des personnes à inclure dans les groupes de travail, natures des informations à acquérir de façon préparatoire par le responsable de projet et celles à rechercher en séance de groupe, les outils de TRIZ à employer...)

Nous avons ensuite complété notre modèle pour le spécifier au traitement des problèmes organisationnels. Des outils ont ainsi été adjoints à la phase d'analyse et de représentation de l'existant afin de permettre d'appréhender la dimension complexe de ces systèmes.

Ce nouveau modèle a alors été testé sur un projet d'amélioration d'un processus. Le projet traité se déroulait dans une PME/PMI du domaine du luxe et concernait un processus de lancement des ordres de fabrication au sein d'un atelier de fabrication semi-automatique. L'objectif du projet était d'améliorer l'efficacité de ce processus par le jeu d'évolutions mineures des conditions de fonctionnement existantes. Cette expérimentation a cependant permis de vérifier la possibilité

d'identifier des dysfonctionnements, de les représenter par un graphe de causalités et d'utiliser ce graphe pour mener une recherche de solutions. Des solutions ont ainsi pu être proposées démontrant l'aide que fournit TRIZ pour conduire cette phase. La validité et la robustesse des solutions proposées n'ont pas pu être attestées dans la mesure où le rachat de l'entreprise a interrompu la poursuite du projet. Cette expérimentation a cependant permis de mesurer un certain nombre de facteurs déterminants de la qualité des solutions. Les solutions proposées ne sont pas innovantes dans l'absolu mais le sont pour l'entreprise dans laquelle le poseur de problèmes souhaitait mettre en application certaines d'entre elles. En revanche nous avons également constaté que les solutions étaient très conceptuelles dans cette expérimentation. Nous attribuons cet aspect des solutions à l'absence des acteurs du processus lors de l'analyse du problème et de la construction des idées. Ce nouveau modèle et les pratiques de conduite du groupe ont pu être appliqués dans la troisième expérimentation. Cette dernière expérimentation a été réalisée dans une entreprise de type PME/PMI mais appartenant à un groupe métallurgique international. Le projet mené était destiné à améliorer l'efficacité d'un processus de réalisation des préséries d'une famille de produits. Le modèle a pu, dans ce projet, être totalement appliqué tant dans les outils employés que dans les pratiques utilisées pour la mise en œuvre de ces outils. Les concepts de solutions obtenus au terme du projet présentent la diversité de forme et de lieu d'intervention que nous avons déjà notée dans l'expérimentation précédente. Cependant, une partie des solutions proposées présente, cette fois, des aspects très concrets, physiques. Nous expliquons cette différence par la participation importante des acteurs des processus à la définition du problème et à leur rôle dans la construction des solutions. La qualité des solutions a pu être évaluée par la mesure de l'évolution des indicateurs de contrôle. Par ailleurs, l'implication des acteurs lors du déroulement du projet (présence aux réunions, participation à la construction des solutions, mais également mise en œuvre spontanée de solutions) démontre d'un réel impact du projet sur la volonté des acteurs à faire évoluer positivement les pratiques employées et sur leur capacité à y parvenir. En revanche, nous soulignons la difficulté d'évaluer la robustesse et l'ampleur de cette évolution. Nous ne disposons pas, en effet, d'un recul suffisant pour définir si cet effet est durable dans le temps. Par ailleurs, nous n'avons pas non plus de mesure de l'impact de cette évolution sur le fonctionnement des autres processus transversaux impliquant des acteurs communs avec celui étudié.

En conclusion, ces expérimentations ont permis de vérifier la validité des hypothèses émises lors de l'élaboration de notre modèle. La conjonction d'outils de conception de produits et d'outils d'audit des organisations permettent effectivement de conduire une première phase « rigoureuse » d'analyse des problèmes. Elle forme le tremplin à la phase ultérieure d'échanges verbaux entre les acteurs. Le contenu de ces échanges complète les données déjà recueillies mais les échanges par eux-mêmes permettent la maturation de ces données et la transformation des informations au sens partagé par les membres du groupe. Cette création commune se concrétise sous la forme du graphe de causalité événementielle. Les normes de création et représentation de ce graphe permettent alors de représenter tant les boucles de rétroactions présentes au sein des organisations que les interactions d'états considérés à des niveaux différents du système. De plus, ce mode de représentation offre un cadre de représentation des phénomènes qui intègre une dimension systémique tout en étant accessible à des personnes non formées à cette approche. Par ailleurs, l'exploitation des concepts de solutions issus des bases de données de TRIZ a permis de proposer un nombre important de voies de solutions. Si le nombre de ces solutions n'en démontre pas la qualité, l'efficacité de celles retenues assure de l'intérêt des étapes de recherche de solutions. En effet, dans les trois expérimentations menées les sujets proposés par les entreprises étaient des sujets récurrents pour lesquels des solutions avaient été recherchées à plusieurs reprises. Enfin, nous avons pu mesurer une réelle évolution du comportement du groupe qui s'apparente à l'apprentissage organisationnel.

Ces premiers résultats ne signifient cependant pas que nous considérons la méthode soumise ici comme aboutie. Différents axes de travail doivent être explorés pour l'améliorer.

Nous souhaitons rendre son usage plus facile de façon à ce que le monde industriel puisse se l'approprier. Pour ce faire, la liaison entre les outils employés doit être renforcée et son temps de mise en œuvre réduit par l'utilisation d'une application informatique destinée à aider à la conduite du projet. Nous y travaillons actuellement avec l'Université technologique de Valladolid.

Nous pensons que l'efficacité de la phase de recherche de solutions peut être améliorée – et facilitée pour les utilisateurs non formés à TRIZ, par une sélection des concepts les plus appropriés aux organisations. Ce travail nécessiterait cependant une collaboration inter équipes de recherche pour parvenir à lever l'incertitude liée à la subjectivité d'interprétation des principes.

Enfin, ces travaux se basent sur un rapprochement des problématiques de la conception des systèmes technologiques et organisationnels. L'interpénétration des cahiers des charges de ces entités donne lieu à de nombreux problèmes dès la phase de préconception. Nous pensons que l'universalité de la méthode sous-tend qu'elle doit posséder un potentiel intéressant pour la résolution de ces problèmes et souhaitons vérifier la nature de l'apport qu'elle peut fournir à ce stade.

Chapitre 1 - Positionnement de la recherche

1.1. Les organisations industrielles

Nous proposons dans cette partie une synthèse sur les natures de travaux de recherche menés dans le domaine des organisations. Les travaux considérés sont ceux destinés de façon directe ou indirecte à améliorer leur fonctionnement. L'analyse de deux courants majeurs de ces travaux nous permet d'établir une définition des organisations qui dessine le champ de notre domaine d'étude et de nos latitudes d'actions.

Tout d'abord nous montrons comment la diversité des approches exercées pour étudier les organisations met en évidence la difficulté d'en proposer une définition synthétique. Mais nous présentons également les compléments qu'offrent ces approches pour former un tout complexe qui doit pouvoir être étudié :

- *dans la définition structurale de chacune de ses parties*
- *dans sa globalité au travers du fonctionnement dynamique de son ensemble.*

Il émerge de cet objectif tout l'antagonisme inhérent à l'organisation et aux besoins simultanés qui lui sont associés :

"Nous passons le plus clair de notre existence au cœur d'organisations ou de systèmes sociaux ... toutes ces institutions connaissent leurs propres règles, leur propre ordre interne. Ordre, ou configuration d'ordre, qui permettent la sécurité, la continuité et les conditions-cadres nécessaires à une certaine stabilité de l'environnement humain. Ordre, ou configuration d'ordre sur la base desquels nous percevons des liens, des régularités et des interdépendances au sein des organisations"[88].

A ce besoin d'ordre et de stabilité s'associe la nécessité d'une dynamique évolutionniste qui doit pouvoir être objectivée et maîtrisée.

Nous établissons dans une seconde partie de quelles manières une large partie des travaux consacrés aux organisations est dédiée à clarifier la nature des concepts qui structurent des configurations types. Nous démontrons alors les limites de ces travaux quant à l'aide qu'ils peuvent fournir pour la définition physique des solutions permettant le déploiement efficace de ces concepts.

L'objectif de toute entreprise industrielle est, au minimum, de survivre, au mieux, de se développer. Pour y parvenir, elle doit être en mesure d'identifier et de mettre en œuvre une "configuration d'ordre" qui respecte tant les contraintes que lui imposent ses relations avec son environnement extérieur que celles issues de son histoire, sa culture, son savoir et compétences...

Quelle configuration imposer à une organisation? Quel degré de formalisation de ses activités lui adjoindre? Comment définir un mode d'exploitation de ses activités et de ses ressources adapté à son contexte et ses finalités? Selon quels critères répartir les tâches? Autant de questions auxquelles un grand nombre de chercheurs ont tenté d'apporter des éléments de réponses.

L'étude d'un certain nombre d'entre eux nous conduit à identifier deux formes d'approches différentes dans ces travaux de recherche.

La première relève d'une démarche déductive. Elle s'intéresse à définir ce que doit être une organisation. L'objectif est de déterminer les entités, matérielles, immatérielles et culturelles qui la composent et les caractéristiques qui leur sont associées. La perspective d'usage de cette démarche semble s'inscrire dans la volonté d'améliorer l'efficacité de l'organisation en proposant des clés d'intelligibilité du concept même d'organisation.

La seconde approche s'apparente à une démarche inductive. L'objet de la recherche est d'identifier comment les résultats d'une organisation industrielle sont influencés par des caractéristiques qui lui sont propres ou liées à son environnement. Une façon caricaturale de représenter l'objectif de ce

travail serait de le comparer à un catalogue de modèles d'organisations répondant à un panel de contextes spécifiques. L'approche paraît beaucoup plus déterministe.

Nous allons maintenant approfondir les concepts, idées et résultats issus de ces deux courants afin d'en proposer une synthèse qui permette d'éclaircir leurs apports et limites respectifs au regard des besoins des organisateurs.

1.1.1. Organisations : structures et dynamique

Les travaux menés sur ces sujets sont axés sur la volonté de représenter l'"ossature" de l'organisation industrielle, d'en définir la composition. Le terme de "structure" est fréquemment employé en lieu et place de l'organisation ou comme élément de sous-ensemble de l'organisation.

Certains chercheurs en limitent le sens à la définition des organes qui composent l'organisation (opérationnels, fonctionnels, d'États Majors) et aux modes de liaisons (hiérarchiques, fonctionnels ou de conseils) qui les relient [21].

D'autres auteurs l'étendent en y intégrant, non pas seulement les entités qui la constituent, mais également l'ensemble des moyens qu'elle comporte (comprenant les moyens de gestion) [Tabatoni 1975²]. Ainsi, Mintzberg [72] définit la structure d'une organisation comme :

«... la somme totale des moyens employés pour diviser le travail en tâches distinctes et pour ensuite assurer la coordination nécessaire entre ces tâches... ».

Enfin certains élargissent ou précisent l'étendue des diversités de mécanismes de gestion considérés en y intégrant les processus qui modèlent les comportements [Druckers 1975³].

« ...l'ensemble des dispositifs permettant de répartir, coordonner et contrôler les activités, et d'orienter le comportement des hommes dans le cadre des objectifs de l'entreprise... » [32].

Cette diversité de définitions, synthétisées dans la figure 1, contribue à alimenter la confusion couramment entretenue entre les notions d'entreprise, d'organisation et de structure organisationnelle.

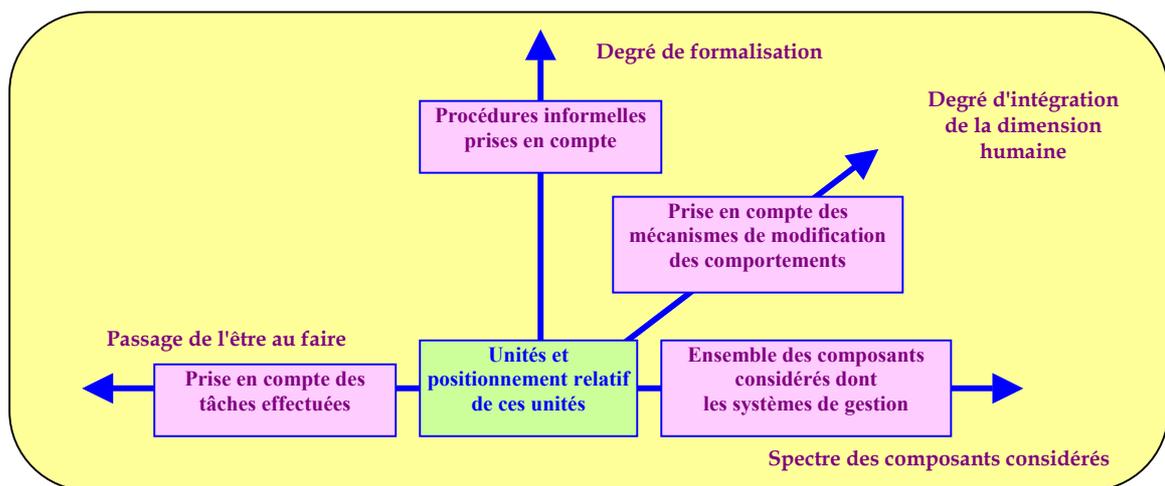


Figure 1 : Critères de différenciation des définitions associées aux structures des organisations

On constate que la description de la composition structurale d'une organisation varie d'une

² P. Tabatoni, P. Jamiou, *les systèmes de gestion, politiques et structures*, Paris, PUF 1975

³ P. Druckers, *La nouvelle pratique de la direction d'entreprises*, Paris, Editions d'organisations, 1975

représentation purement « organique », « statique » à une représentation dynamique. Cette dernière prend en compte l'ensemble des facteurs à l'origine des caractéristiques comportementales du système organisationnel :

- intégration des différents systèmes de gestion,
- reconnaissance des aspects formels et informels de coordination qui activent l'exploitation de cette structure,
- prise en compte de la dimension humaine comme ressource spécifique et nécessitant un traitement différent des autres ressources.

La diversité des définitions reflète la difficulté à aborder les organisations dans toutes leurs dimensions. Pour être réellement appréhendée, et éventuellement améliorée, une organisation devrait pouvoir être perçue par l'observateur au travers des multiples représentations auxquelles elle donne lieu. Les théories successives, et partielles, élaborées à son sujet ont successivement mis en relief certaines d'entre elles (voir figure 2) Ces théories, issues de domaines scientifiques hétérogènes : sociologie, psychologie, biologie, intelligence artificielle..., et dont l'énumération n'a pas pour prétention d'être exhaustive, reflètent les multiples aspects que revêt le concept d'organisation.

Parvenir à améliorer l'efficacité d'une organisation en la rendant "intelligible" implique de croire que l'esprit humain possède des capacités cognitives permettant d'intégrer ces différentes approches, de leur attribuer un sens et un usage spécifiques au contexte étudié, d'en déduire les solutions optimales en termes de répartition des tâches, systèmes de gestion à déployer, modes de coordination à exploiter...

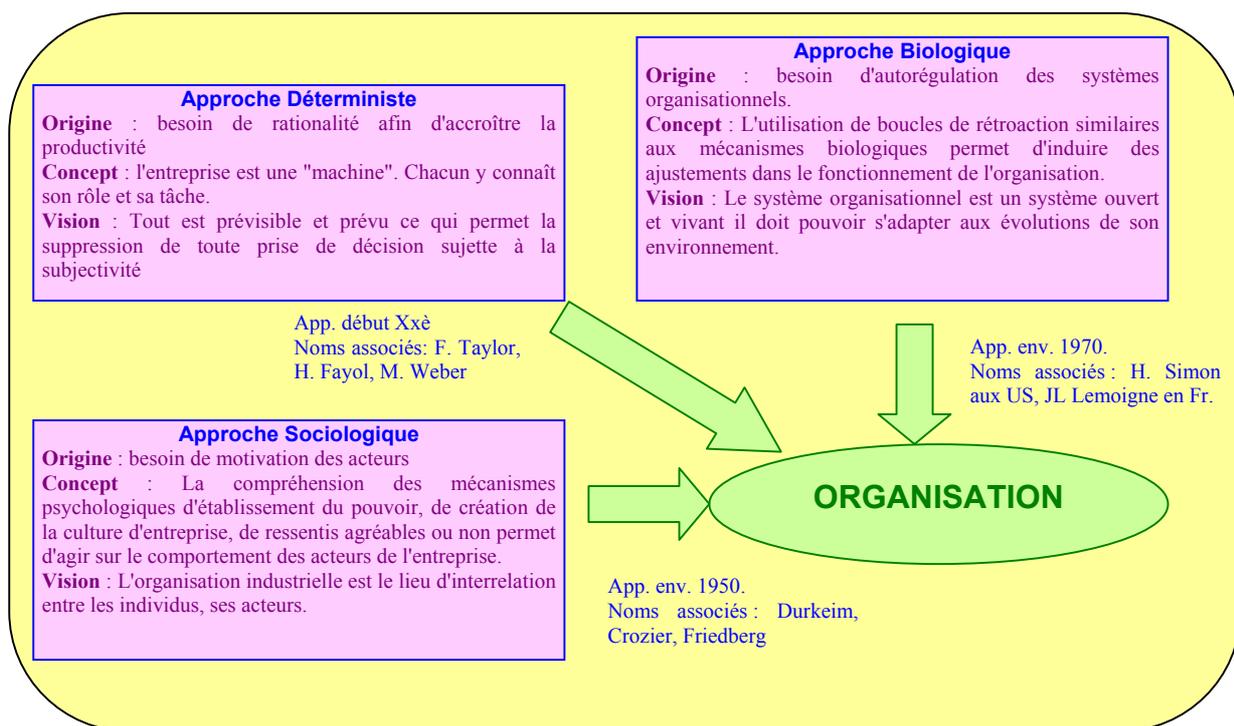


Figure 2 : Les différents regards portés sur les organisations industrielles

L'utopie d'une telle vision démontre les limites des apports de ce courant de recherche. Ses résultats ne peuvent pas permettre d'améliorer de l'efficacité des organisations. En revanche, ses recherches permettent d'appréhender :

- les éléments qui structurent l'organisation,

- la nécessité de prendre en compte simultanément les différentes approches employées pour les aborder.

De l'approche des organisations que nous venons d'exposer, nous retenons qu'elle constitue un support à la réflexion et à l'analyse. Grâce à ces résultats il est possible d'identifier les principaux facteurs qui, en intervenant sur son fonctionnement, conditionnent son efficacité.

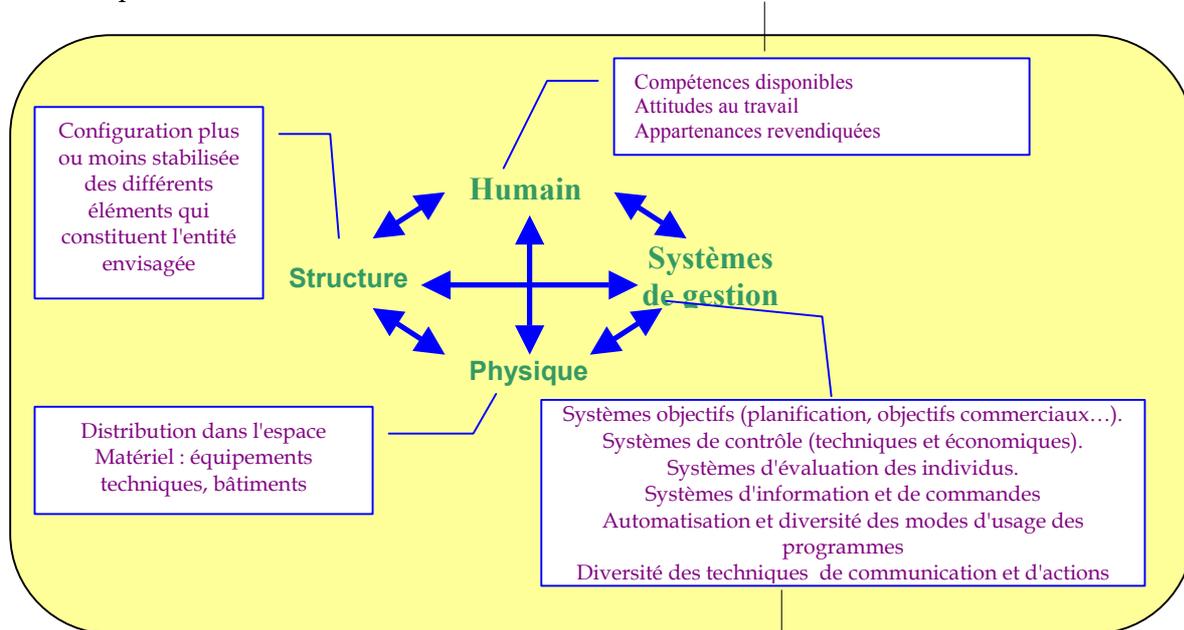


Figure 3 : Les composantes de l'organisation d'après Livian [57]

Nous retenons de cette partie deux points essentiels :

- Une organisation est formée de quatre natures de composants :
 - d'une structure formelle,
 - des ressources humaines,
 - des ressources physiques,
 - de systèmes de gestion
- Dès lors que l'on souhaite concevoir ou modifier une organisation il peut / doit y avoir action sur la définition physique de chacune de ces composantes, de la configuration de l'ensemble et sur le fonctionnement de l'ensemble.
- L'efficacité de cette conception se mesure dans sa capacité à satisfaire les objectifs de la direction.

1.1.2. Les facteurs d'influence des typologies d'organisations

Cet axe de recherche s'applique à définir des variables explicatives de configurations types d'organisations. Il s'agit d'identifier des natures de caractéristiques communes à toutes les organisations et d'établir les valeurs qu'elles doivent présenter, dans un contexte donné, pour assurer l'efficacité de l'entreprise.

Ainsi, sur la base de travaux heuristiques, Pugh [90] et Sainsaulieu [96] proposent différentes dimensions de caractérisation. Pugh poursuit cette analyse en recherchant l'incidence du contexte des entreprises sur les valeurs prises par ces caractéristiques (Tableau 1). Le traitement des données recueillies lui permet d'avancer que la taille de l'entreprise est un facteur dominant qui influe proportionnellement :

- sur le nombre de niveaux hiérarchiques,
- le degré de centralisation de la décision

Variables de caractérisation de la structure	Facteurs contextuels
Structuration des activités (standardisation, spécialisation, formalisation) Concentration des activités (centralisation de la prise de décision) Éventail de subordination (nb de personnes/resp. hiérarchique) Taille relative des éléments de soutien (nb administratifs / nb de productifs)	Histoire et origine de l'entreprise Propriété et mode de contrôle Type de technologie (niveaux d'intégration et d'automatisation) Dépendance / clients, fournisseurs ou groupe Dispersion géographique

Tableau 1 : Variables de caractérisation de la structure et facteurs contextuels influant d'après Pugh [90].

Cependant, cette étude porte uniquement sur les éléments formels qui émergent de l'organisation. L'influence de la culture d'entreprise, de son histoire, du type de management et du contexte concurrentiel ne sont pas pris en compte. L'ensemble de ces éléments, qui impactent pourtant les choix stratégiques des dirigeants et les comportements des membres de l'entreprise se répercutent sur le fonctionnement de l'entreprise. L'absence de prise en compte de ces facteurs limite la portée de ce travail.

Auparavant, Woodward [109] avait été amenée, grâce à l'analyse d'entreprises industrielles anglaises, à proposer une définition de la structure d'une entreprise en fonction du volume de produits fabriqués et de la diversité des références traitées. Woodward identifie ainsi quatre types de systèmes de production :

- une production en continue,
- une production de masse différenciée,
- une production discontinue,
- une production par projet.

Woodward évoque une relation entre ces typologies de systèmes de production et les modes d'organisations déployées. Selon elle, on observe dans les unités de production de grandes séries, une structure de type formelle, à fort taux d'encadrement et des définitions de postes précises. En revanche, dans les unités de production unitaires ou très automatisées (process) les structures sont plus souples et le taux d'encadrement y est plus faible. Dans cette configuration, la coordination est essentiellement basée sur l'ajustement mutuel.

Cette dernière approche a servi de base à de nombreux travaux [8, 26]. Cependant, le nombre de facteurs pris en compte pour tenter d'établir une relation causale entre des caractéristiques technologiques et une typologie d'entreprises apparaît comme trop sommaire pour être réellement exploitable. De plus, les résultats de ces travaux sont basés sur des enquêtes menées dans des groupes industriels de natures homogènes. On peut donc s'interroger sur la validité de leur exploitation appliquée à d'autres secteurs industriels. Enfin, aucun lien n'est élaboré entre les choix organisationnels effectués et le positionnement concurrentiel de ces entreprises.

Kieffer [52] propose, lui, une typologie basée sur la relation entre la complexité des opérations de fabrication menées et le degré de certitude de la validité du programme de fabrication (Tableau 2).

Cependant, les apports de cette analyse demeurent eux-aussi limités. En effet, les éléments formels sont les seuls considérés. A nouveau, les facteurs humains et contextuels sont totalement ignorés. Quid, par exemple, de l'effet normatif de la législation, de la culture et de la taille de l'entreprise, du degré de stabilité des marchés concernés ?

		Systèmes travaillants sur ordre des clients		Systèmes anticipants les ordres des clients
		Produits spécifiques	Produits standards	
Systèmes d'assemblages	Produits complexes	Gros et très gros équipements	Matériels et gros équipements standards	Matériels et petits équipements industriels
	Produits simples	Petits équipements spécifiques définis par le client	Petits matériels et biens de moyenne consommation	Petits matériels et biens de grande consommation
Systèmes de fabrication		Pièces ou composants élémentaires façonnés en sous-traitance	Pièces ou composants élémentaires	Pièces ou composants élémentaires

Tableau 2 : Classification des typologies d'entreprises d'après Kieffer [52]

L' influence du degré de stabilité du marché est, en revanche, un facteur intégré dans les travaux de J.Lorsch et P. Lawrence (1973) (cités par Livian [57]). Ces travaux leur permettent d'établir que :

- les entreprises segmentent leurs structures à proportion de l'instabilité des marchés. Elles présentent ainsi des unités spécifiques à chaque part de ce marché.
- l'instabilité du marché pousse les entreprises vers une politique de différenciation tant externe (image, produit) qu'interne par répercussion sur leurs acteurs. Cet effet se traduit par un comportement individualiste des acteurs de l'entreprise. Pour y contrevenir ces entreprises mettent en œuvre une politique très forte d'intégration (groupes de projet, chefs de processus...)

En conclusion, bien que de nombreux autres travaux aient été menés sur ce sujet, nous évoquerons, en dernier lieu, les travaux de Mintzberg [72] sur les organisations industrielles. Ce dernier a mené un énorme travail d'analyse et de synthèse bibliographique qui permet de jeter un pont entre les deux approches que nous avons présentées (déductive et inductive).

Il définit des configurations types d'organisations, comme des tendances majeures qui peuvent être rencontrées. Suivant cette théorie, les structures de ces organisations sont construites par les poids relatifs attribués à six composants invariables de leur composition et au mode de coordination choisi parmi les six censés représenter l'ensemble de la diversité existante (Tableau 3).

Composantes	Mécanismes de coordination	Organisations types
Le sommet stratégique La ligne hiérarchique Le centre opérationnel La technostructure Le support logistique L'idéologie	L'ajustement mutuel Supervision directe Standardisation des procédés Standardisation des résultats Standardisation des qualifications Standardisation des normes	Entrepreneuriale Mécaniste Divisionnalisée Professionnelle Innovatrice

Tableau 3: Les composantes et mécanismes de coordination dont les combinaisons tendent à favoriser des organisations « types » d'après Mintzberg [72]

Parallèlement, Mintzberg identifie des paramètres de conception, inhérents aux choix effectués par l'entreprise ou liés à son contexte, comme facteurs d'orientation vers l'une ou l'autre de ces structures (Tableau 4).

Choix dépendants	Choix indépendants
La spécialisation du travail La formalisation du comportement La formation L'endoctrinement Le regroupement en unités La taille des unités Les systèmes de planification et de contrôle Les mécanismes de liaison La décentralisation	L'âge et la taille Le système technique L'environnement Le pouvoir Les besoins des membres La mode

Tableau 4 : Paramètres de conception des structures organisationnelles

Toute configuration d'organisation industrielle peut être rapprochée de l'une des formes d'organisation types proposées. Cependant, chacune demeure unique du fait des poids respectifs qu'elle accorde à ses composantes et des combinaisons de mécanismes de coordination qu'elle déploie.

Nizet [75] souligne d'ailleurs les difficultés induites par la coexistence de ces dernières :

"...Le recours conjoint à la standardisation des résultats et des procédés - qui correspond à une pratique très répandue dans la vie des organisations - s'avère souvent problématique : l'un des mécanismes pourra être mobilisé contre l'autre pour justifier des manquements éventuels. De la même manière, les mécanismes basés sur la formalisation se concilient difficilement avec les mécanismes basés sur les relations interpersonnelles ou les représentations mentales ; un certain nombre d'échecs subis par les expériences en qualité totale ou, plus récemment, d'empowerment, peuvent se lire dans ces termes. En revanche, la standardisation des qualifications peut très bien se combiner avec l'ajustement mutuel puisque, dans les deux cas, une large autonomie est conférée aux opérateurs."

Ces travaux de recherche permettent de distinguer les différents facteurs qui exercent une influence majeure sur la typologie du système de production et le mode de management appliqués dans une organisation. Ce sont ces facteurs : technologie employée, culture de l'entreprise, typologie de commandes... qui définissent le cahier des charges global de l'organisation. La prise en compte des caractéristiques associées à ces facteurs et de leurs interactions permet de dégager, en quelque sorte, « les fonctions de service » que doit fournir l'organisation considérée par l'intermédiaire de ses composantes. Ce besoin étant défini il est alors possible de sélectionner les concepts connus pour répondre à ce type de contraintes : flux poussés/ tirés, personnels spécialisés/ polyvalents...

En revanche, les résultats de ces recherches ne permettent pas de construire une définition physique individuelle détaillée des composantes, ni surtout une configuration et un mode de fonctionnement de l'ensemble qui peuvent permettre d'obtenir ces fonctions de services.

1.1.3. Synthèse

L'esprit des travaux de recherche présenté dans cette partie s'apparente à une vision Fordienne (voir paragraphe 1.2.1). Ces recherches s'appuient sur la croyance en une organisation rationnelle, définie dans ses finalités et prédictible dans les moyens à déployer pour y parvenir. On demeure ici dans l'esprit du "one best way".

Nous avons montré (paragraphe 1.1.1) que la configuration et le fonctionnement de toute organisation sont soumis à :

- l'influence d'une multitude de facteurs non maîtrisables,
- l'existence de pratiques informelles de fonctionnement.

Il est donc impossible, voire dangereux, de se référer à des modèles pour définir une structure et un mode de fonctionnement détaillé. Les modèles permettent de définir les concepts à déployer pour une typologie de marché et de technologie donnée.

En revanche, la conception, ou reconception, détaillée des composantes et de leur configuration requiert d'identifier les facteurs qui doivent être pris en compte au cahier des charges de ce niveau de définition. Ces items étant connus, il est alors possible de considérer les solutions techniques mises en œuvre dans des situations similaires et de les adapter au cas particulier étudié.

Nous nous attacherons dans le chapitre suivant à identifier ceux de ces facteurs qui concernent les entreprises industrielles présentes sur des marchés soumis à une forte concurrence.

De cette partie nous retiendrons également la définition que nous fixons ci après de l'organisation comme une base structurante de toute l'analyse qui sera menée par la suite dans ce document.

Nous nommons organisation :

Un espace de réalisation de travail nécessitant la répartition de ce dernier en différentes tâches. La réalisation de ces tâches requiert pour répondre aux objectifs stratégiques de l'entreprise :

- *des ressources humaines, matérielles et informationnelles.*
- *des règles d'exploitation de ces ressources.*
- *des moyens de contrôle des produits qu'elles fournissent .*
- *des moyens d'adaptation des ressources et des règles d'exploitation aux évolutions de l'environnement.*
- *des modes de coordination collective entre ces différentes ressources.*
- *des dispositifs cognitifs collectifs.*

1.2. Les contraintes et solutions issues des évolutions internes et externes aux entreprises

La combinaison du degré de dépendance existant dans la relation entreprise/marché et de l'importance de la place accordée à l'homme, en tant qu'être doué d'intelligence, dans le fonctionnement de l'entreprise, joue un rôle prépondérant sur la nature des contraintes à prendre en charge pour « construire » les systèmes organisationnels.

L'objet de cette partie est d'en définir les conséquences en termes de fonctionnalités à présenter par les organisations et plus particulièrement celles situées sur des secteurs très concurrentiels.

Nous présentons ensuite un état de l'art des pratiques et limites respectives associées aux différents modes d'actions engagés pour déployer ces fonctionnalités :

- *segmentation des structures afin de disposer de petits groupes dotés d'une autonomie décisionnelle et d'une taille suffisamment réduite pour bénéficier d'une réactivité élevée,*
- *développement des moyens de communication qui fournissent à ces groupes des données et des moyens de traitement de ces données,*
- *recherche d'un processus d'apprentissage organisationnel destiné à améliorer la pertinence des décisions prises.*

1.2.1. La relation entreprise/marché

L'évolution des modes de consommation et l'accroissement de la concurrence ont conduit à une mutation des moyens déployés par les entreprises. L'objectif central de toute entreprise privée dans un régime capitaliste demeure le même : dégager une marge bénéficiaire qui permette la rétribution des actionnaires. Ce sont les sous objectifs à atteindre pour y parvenir qui ont évolué.

La première partie du 20^{ème} siècle, caractérisée par une économie de production, a donné lieu à l'élaboration de modes organisationnels permettant de répondre à un besoin d'augmentation du volume de production et de réduction de coûts. Dans un premier temps déployés par Ford, les concepts de l'approche déterministe élaborée par Taylor, Fayol et Weber se sont répandus dans les pays industrialisés. Dans le contexte économique de cette époque, ils ont favorablement répondu à un besoin qui était de produire en masse et à moindre coût. Les efforts déployés dans l'organisation avaient pour objet de permettre des économies d'échelles obtenues par la standardisation tant des produits que des processus.

Ce mode d'organisation a, pour cette raison, été nommé "**modèle de standardisation**" [79, 25].

Si ce contexte sous-tend un niveau de concurrence entre les entreprises sans commune mesure avec celui qu'elles subissent aujourd'hui, il n'en existait pas moins. Le critère concurrentiel était alors celui du prix car il s'agissait essentiellement de fournir aux consommateurs des produits ayant pour mission de remplir les fonctions principales pour lesquelles ils avaient été conçus.

Cependant, l'image popularisée selon laquelle ce "modèle" eut été le seul employé alors, et dans les pures formes définies par la théorie, semble peu crédible. En effet, ce modèle conçu et employé pour des productions de masse n'a jamais pu répondre aux besoins d'entreprises présentant des typologies de production différentes [57]. De plus, une telle vision consisterait à nier tout le poids des cultures sociales internes et externes à l'entreprise. Quel sens peut prendre, par exemple, un tel modèle dans l'organisation dont se dote une PME familiale de longue tradition ?

En revanche, les principaux concepts portés par cette théorie : réduction des temps opératoires, mécanisation des opérations, définition claire de l'autorité ont clairement influencé l'ensemble du tissu industriel. Ils ont, par ailleurs, conduit les dirigeants d'entreprises à orienter leurs actions d'amélioration sur l'outil productif lui-même. Cette orientation est cohérente avec un positionnement concurrentiel lié au seul prix du produit. Elle est également représentative de la disjonction créée entre l'entreprise et le marché. Ces organisations, qui fonctionnent en systèmes fermés et indépendants (tableau 5), se caractérisent par un flux d'informations stabilisé, répétitif rendant les décisions programmables [25].

La prévisibilité événementielle a d'ailleurs constitué le support au développement d'outils de gestion ou d'aide à la décision que Baranger [8] associe à ce courant rationnel, quantitatif et rigoureux, où nous trouvons:

- l'approche quantitative (Recherche Opérationnelle),
- la théorie des systèmes sous ses aspects quantifiés et normatifs (Forrester),
- la rationalité et son application étendue de la planification au contrôle de gestion (Ansoff, Anthony),
- la modélisation employée dans les systèmes experts,
- l'approche par les processus.

En résumé, cette configuration des organisations industrielles, et de leurs finalités, est adaptée à une situation microéconomique dans laquelle de larges parts de marché homogènes coexistent. L'accroissement de la concurrence et la satisfaction des besoins primaires de ces marchés va conduire les entreprises à rechercher de nouveaux critères de différenciation concurrentielle.

	Facteur concurrentiel	Rôles essentiels des circuits d'information	Formes particulières de traitements appliqués aux informations	Relations avec l'environnement
Modèle de Standardisation (1)	Prix	Transmission des ordres et consignes. Remontée des données de production.	Optimisation de l'exploitation des ressources de production	Système fermé , les caractéristiques des prestations imposées au marché.
Modèle de Variété (2)	Degré de différenciation	Idem (1)+ Détection des évolutions du marché Aide à la gestion du système entreprise dans son ensemble, nécessité par sa complexification	Idem (1) + Supports pour la standardisation/différenciation produits/processus. Automatisation des routines de planification /ordonnancements	Système fermé , les caractéristiques des prestations imposées par le marché.
Modèle de Réactivité (3)	Différenciation et réactivité	Idem (1) + Recherche d'éléments de prédiction des évolutions Aide à la gestion du système entreprise Partage et diffusion des données et connaissances Apprentissage organisationnel	Idem (2) + Simulation de scénarii Création de bases de données et d'expérience	Système ouvert , sa pro activité peut être développée jusqu'à créer le besoin du marché.

Tableau 5 : Proposition de synthèse des impacts forts de l'évolution de la relation organisation industrielle/ environnement

La saturation des marchés conduit, progressivement, les entreprises à prendre en compte les attentes, jusque là peu considérées, des consommateurs. L'implémentation et le développement de méthodes comme l'Analyse de la Valeur⁴, complétées par le développement de nouveaux outils mercatiques d'analyse des marchés, permettent d'en mener une identification précise.

⁴ Créée par L.D. Miles durant la seconde guerre mondiale pour faire face à la pénurie de certaines matières premières.

L'entreprise doit alors se doter des ressources et compétences supplémentaires nécessaires à la conception et l'industrialisation de nouveaux produits. Récursivement, l'existence de ces ressources va induire une accélération de la fréquence d'apparition de ces nouveaux produits. Ces caractéristiques propres aux entreprises accompagnent une croissance de l'hétérogénéité de la nature de la demande et de services associés requis par le marché. Il résulte de cette situation une augmentation de la variété des produits fabriqués et commercialisés. Ce contexte économique a été nommé "**modèle de variété**" [Goldhar & Jelinek 1983⁵]. Le facteur qui permet alors aux entreprises de se positionner par rapport à leurs concurrentes est le degré de différenciation des produits qu'elles peuvent proposer.

Dans un premier temps cet accroissement de la variété produite a été rendu possible par:

- le développement des machines flexibles,
- la modularisation des produits,
- la différenciation retardée des produits.

Le recours à de telles solutions signifie donc que le paradigme d'indépendance de l'entreprise par rapport au marché demeure le même que dans le modèle de standardisation. L'objectif de telles pratiques est effectivement de faire face à une montée croissante de l'imprévisibilité et de l'instabilité des marchés. Cependant, le fonctionnement des organisations demeure relativement à l'abri des variations du marché. Hormis en cas d'événement portant sur l'ensemble de la gamme de produits proposés, les écarts prévisions de ventes / ventes réelles sont partiellement lissés par l'usage de modules communs.

La poursuite de l'évolution des attentes du marché rend, progressivement, ces mesures insuffisantes. Cette évolution des besoins se traduit suivant deux axes. D'une part, la demande d'une plus grande variété des produits, dans des conditions de délais, et de qualité ressentie par les clients correspondants à la valeur financière qu'ils leur accordent (on voit apparaître ici une notion de valeur mêlant des aspects tant objectifs que subjectifs) [79]. D'autre part, une demande croissante de services associés à ces produits (après vente, formation, mise en œuvre...). L'intégration des fonctions nécessaires à la fourniture de ces services conduit à accroître la complexité des organisations industrielles. Elles doivent alors développer de nouveaux savoir-faire, intégrer de nouvelles pratiques devant coexister et s'harmoniser au sein d'une même entité. Mais l'élément clé auquel doivent se soumettre les entreprises est celui de la réactivité. Il n'est plus possible de maintenir une rupture entre l'entreprise et son environnement. Il lui faut, au contraire, instaurer des canaux interactionnels forts et nombreux avec son environnement. Ces canaux supportent l'entrée et la diffusion des informations permettant de détecter les évolutions du marché et de les intégrer dans le mode de fonctionnement de l'organisation. Le nouveau paradigme de l'entreprise est celui du "**modèle de réactivité**", l'obtention et la gestion des informations y jouent un rôle capital.

Sur un marché concurrentiel une organisation industrielle doit être réactive et, pour cela, disposer de ressources, et de modes de gestion appliqués à ces ressources, qui lui permettent :

- *de disposer des informations qui remettent en cause les pratiques prédéfinies,*
- *de transmettre ces informations en temps et heures à ceux de ses acteurs qui peuvent respecter les contraintes de délais qui y sont associées,*
- *de définir et mener des actions :*
 - *adaptées à ces évolutions du besoin extérieur,*
 - *en adéquation avec les objectifs stratégiques définis par la direction .*

⁵ J.D. Godhar, M. Jelinek. "Plan for economies of scope", Harvard Business Review, Vol. 61, 141-148, 1983.

1.2.2. Tendances d'évolution des formes organisationnelles

Pour les économistes la dynamique des marchés se construit sur des transactions entre systèmes. L'existence de ces échanges transactionnels est conditionnée par la valeur accordée à l'objet de la transaction [57,24]. L'échange transactionnel devient alors un mécanisme de coordination entre les différentes entités qui forment le marché (clients/fournisseurs). Lorsque l'entreprise fonctionne comme un système fermé les caractéristiques de l'échange transactionnel impactent uniquement les relations qui s'établissent aux interfaces entreprise/environnement. C'est alors aux fonctions chargées de transmettre les besoins du marché (commerciaux, direction) de traduire ces transactions en caractéristiques fonctionnelles que doit posséder l'organisation pour produire la valeur ajoutée recherchée par le marché. Les mécanismes de coordination qui créent la dynamique au sein de l'entreprise peuvent alors être totalement déconnectés de cette logique transactionnelle. Quand, en revanche, le système de l'entreprise s'ouvre sur son environnement, les caractéristiques conditionnant l'échange transactionnel deviennent les éléments pivots des mécanismes de coordination. Dans ce cadre, les frontières entreprise/environnement tendent à disparaître. Son organisation peut alors être considérée comme une forme stable, formalisée appartenant à un ensemble plus vaste appelé « action organisée » par Frieberg [Frieberg 1993⁶].

L'objet de cette "organisation de l'action" est de fournir une plate-forme de coopération et de négociation à des acteurs animés de finalités seulement partiellement partagées.

Selon Frieberg, ces systèmes d'actions concrets (S.A.C.) peuvent être discrétisés suivant leurs positionnements respectifs dans quatre dimensions :

- degré de formalisation,
 - degré de finalisation,
 - degré d'intériorisation de la régulation par ceux qui y participent,
 - degré de décentralisation.
- } Faibles à forts

Cette approche, très conceptuelle, se décline à des niveaux très différents : relations entre entreprises dépendantes ou indépendantes, relations au sein d'un groupe d'entreprises, d'une entreprise, d'un service... Ces configurations ont en commun de devoir fournir de l'autonomie à des acteurs tout en canalisant leurs actions dans le sens du groupe.

S'intéressant aux S.A.C. qui mettent en oeuvre plusieurs entités juridiques, Chomat [24] recense quatre formes différentes de réseaux d'entreprises :

- Entreprises de réseaux : firmes qui se sont constituées en réseaux en raison de leurs infrastructures matérielle ou immatérielle (réseaux téléphoniques, électriques, routiers...).
- Entreprise-réseau (ou réseau vertical) : ensemble organisé autour d'une firme centrale qui structure l'activité de l'ensemble autour d'un projet dont elle est le maître d'oeuvre. La coordination est assurée par des relations de types hiérarchiques.
- Réseaux d'entreprises : fonctionnement de type partenarial, interactif, destiné à valoriser les intérêts de l'ensemble et non de la seule firme pivot (cas précédent), l'effet recherché est la synergie. Le plus souvent il s'agit d'entreprises de petites tailles qui adaptent une forme réticulaire en raison de leur proximité spatiale et/ou de leur contexte national.
- Réseaux polyarchiques : organisation de moyens pour réaliser un projet en accord avec les orientations stratégiques de chacune des grandes entreprises composant le réseau. Il n'y a pas de contrôle des unes sur les autres. Il n'existe pas réellement de mécanisme de coordination entre ces grandes firmes. Le lien essentiel est celui du réseau d'information et de communication rendu possible par le développement des NTIC. Ces réseaux sont essentiellement constitués et utilisés en matière de recherche et développement (conception

⁶ Frieberg E., Le pouvoir et la règle, Paris, Seuil, 1993.

de nouveaux produits par élargissement du potentiel technologique), production conjointe (secteur automobile), distribution de services ou de produits.

Mais ces formes de réseaux peuvent être également destinées à établir des coopérations entre:

- différentes entités d'une même entreprise, on évoquera alors une forme de structure organique [20] [Frieberg 1993],
- des entités opérationnelles : îlots autonomes, équipes autonomes de travail...

Les équipes de production opérationnelles trouvent leur origine dans ce qui fut dénommé "équipes autonomes" par H. Dubreuil (1883-1971). Ce dernier leur conférait la possibilité d'allier efficacité et prise en compte des besoins humains.

Ces équipes autonomes fonctionnent comme des mini-entreprises et établissent entre elles des relations clients / fournisseurs. Elles ont en charge la gestion de leurs approvisionnements, la planification, la répartition et le contrôle de leur travail. Les équipes, de tailles réduites permettent la création d'une polyvalence générale du personnel. Cette polyvalence apporte au groupe la marge de manœuvre qui lui permet de s'auto organiser. Le positionnement hiérarchique peut revêtir différentes formes. Les entreprises peuvent choisir de désigner un chef au sein de l'équipe ou de ne pas le faire. La réalité industrielle montre que dans ce cas un individu se trouve généralement coopté à ce poste.

Au niveau de l'entreprise par elle-même, la structure organique [21, 71] se caractérise par un organigramme matriciel, par projet ou par processus.

Elle vise à réduire le nombre de niveaux hiérarchiques afin d'assouplir et alléger les structures en vue de leur conférer une plus grande réactivité. Elle peut être perçue à l'intérieur de l'entreprise comme un réseau de petites sociétés mais ce réseau peut également s'étendre à l'extérieur de l'entreprise (relations de partenariat, intégration des fournisseurs, revendeurs...).

La coordination est obtenue par l'instauration de travaux collectifs entre les services et les fonctions : comités, réunions périodiques, cercles de qualité... afin d'accroître l'efficacité de cette coordination les grandes entreprises ont développé des fonctions ou services d'intégration : chef de projet, responsables de processus, service logistique...

Le degré de formalisation est restreint. Plus que les moyens à mettre en œuvre pour obtenir un résultat, ce sont ces résultats à atteindre ou missions à remplir qui sont fournis. L'objectif est de tabler sur un ajustement mutuel pour parvenir à une coordination entre les différents centres.

L'exploitation de cette forme de structure conduit à diminuer le poids de la hiérarchie.

Les causes de la mise en œuvre de ces structures, de leurs objectifs ou des problèmes qu'elles posent, sont similaires quel que soit le niveau de la structure considérée. Qu'il s'agisse d'équipes autonomes ou de relations entre services, l'entreprise y a recours pour être en mesure :

- de détecter les évolutions, progressives et brutales, de son environnement qui nécessitent la remise en cause de ses modes de fonctionnement,
- d'identifier ou inventer les évolutions qu'elle doit introduire dans son fonctionnement pour répondre à ces nouvelles contraintes compte tenu des compétences dont elle dispose,
- de mettre en œuvre ces évolutions non seulement par le biais d'un formalisme qui lui est propre (rédaction de fiches de procédures, modification de définitions de fonctions, création).

Ces structures mettent donc l'accent sur la compétence des acteurs, leur niveau d'information, de créativité et de capacité à prendre des décisions qui satisfont l'entreprise. Les espaces créatifs ainsi initiés permettent le développement de nouveaux modes de fonctionnement adaptés au contexte de l'entreprise. Cependant, ces pratiques tendent à la formation de processus dissidents non maîtrisés par la direction [44]. Elles devraient donc être identifiées et institutionnalisées si elles permettent effectivement d'apporter une meilleure réponse au besoin. Ce sujet pose le problème de la réactualisation des moyens de contrôle et d'évaluation des ressources et processus [14, 20, 115]. Les difficultés entraînées par l'évaluation d'un processus (problèmes de modélisation du réel,

asservissement de ces indicateurs aux évolutions des pratiques...) conduisent aux choix d'indicateurs souvent plus quantitatifs que qualitatifs. Ce phénomène a deux conséquences majeures :

- Ces indicateurs quantitatifs sont inappropriés pour mesurer l'investissement humain, et la prise de responsabilité, associés aux évolutions de ces organisations. Pourtant, selon ZUBOFF, il s'agit d'un des moyens déterminants d'intégration de ces nouveaux modes participatifs des acteurs par l'action qu'ils peuvent exercer sur la motivation des individus.
- Leur manque de représentativité du réel empêche le contrôle de gestion de s'assurer de la cohérence des actions menées et de leur conformité vis-à-vis de la stratégie de la direction [14, 20].

La mauvaise définition de critères de contrôle efficaces ne permet pas de réellement mesurer la valeur produite par le processus en relation avec la valeur attendue sur le produit par le client [59].

Par ailleurs, les entreprises qui implantent ces nouveaux modes de gestion doivent composer avec les ressources déjà présentes dans l'entreprise. Les supports de l'information, les matériels et surtout des ressources humaines sont dotés de caractéristiques, de compétences, d'aptitudes qui ne peuvent être toutes celles souhaitées. Par ailleurs, l'autonomie laissée à ces cellules rend leur maîtrise extrêmement difficile. Le recours à la saisie automatique de données dans les processus ne suffit pas à rendre compte de la cohérence des opérations effectuées vis-à-vis des objectifs de groupe de direction. Ainsi, il est difficile de s'assurer de la coordination des actions entreprises entre les différents groupes mais également entre deux niveaux de groupes. En effet, la structuration de ces unités est véritablement conçue de façon indépendante. Ainsi, la conception d'une structure comportant des services fonctionnant suivant ce mode organique n'est absolument pas couplée avec la conception de groupes en atelier tels que les îlots. Chaque niveau est conçu de manière indépendante même si ses relations avec les services périphériques sont prises en compte. La conception du système n'est pas réellement appliquée dans une vision de processus multi niveaux.

Les entreprises industrielles tendent à développer des structures de type organique afin d'accroître leur réactivité en décentralisant les lieux de prises de décisions.

Cette responsabilisation des niveaux de gestion et opérationnel, allée à un accès plus large aux informations explicatives de l'environnement, est destinée à favoriser des actions de recherche créative de solutions. Cependant, elle nécessite des caractéristiques particulières des ressources humaines, matérielles et informationnelles. Si elles ne sont pas présentes les résultats ne peuvent être satisfaisants.

Ainsi, il est frappant de noter que ces strates d'autonomies apparaissent comme conçues de façon indépendante et non concertée. On constate donc la création de fossés entre les différents niveaux des organisations. D'une part, les directions ont des difficultés à demeurer informées des pratiques réelles de gestion et de production employées car :

- *elles ne décident plus de l'ensemble des pratiques*
- *les indicateurs employés pour maintenir un contrôle sur les processus sont plus des éléments comptables que des reflets du mode de fonctionnement.*

La tendance générale des directions est malgré tout de faire reposer la cohérence de l'ensemble- ou du moins la détection de l'incohérence- sur les systèmes informatiques. Ceux ci définissent les circuits d'information, les protocoles d'échanges et les mécanismes de coordination entre les différentes entités.

1.2.3. Les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

"Il existe deux possibilités : s'adapter ou mourir ... Vous devez vous organiser à la manière d'une brigade de sapeurs pompiers. Puisqu'elle ne peut pas anticiper les incendies, elle doit constituer une organisation flexible capable de réagir à des événements imprévisibles." (A.S. GROVE, Intel Corporation cite par [92]).

Un besoin de réactivité sous-tend des capacités de flexibilité dans le fonctionnement de l'organisation. Cette notion de flexibilité occupe une part importante de la littérature des cinq dernières années consacrée aux organisations, qu'il s'agisse d'entreprises ou de systèmes publics. Elle désigne la capacité de l'entreprise à modifier le mode d'exploitation de ses ressources en demeurant efficace et donc cohérente dans son fonctionnement. Cohendet [25] propose de distinguer trois formes de flexibilité relatives à des environnements différents (Tableau 6).

	Flexibilité statique	Flexibilité dynamique Réactive	Flexibilité dynamique Proactive
Caractéristiques	Permanente Instantanée	Potentielle Non présente en fonctionnement "normal"	Initiative Créative
Environnement	Évolutions subies appréhendées	Évolutions subies non totalement prédictibles	Évolutions provoquées
Moyens déployés pour en disposer	Surcapacité des processus et/ou redondances des installations, stocks	Le décideur dispose d'un panel de solutions alternatives (Heures sup., polyvalence du personnel, flexibilité des moyens matériels...)	Innover dans les produits, les procédés de fabrication et de commercialisation. Mobilité et coordination horizontale des activités
Paradigme	Maintenir un fonctionnement identique quels que soient les changements environnementaux	Modifier le fonctionnement pour intégrer les changements environnementaux pour reconfigurer	Innover dans le fonctionnement pour susciter une évolution opportune de l'environnement

Tableau 6 : Différentes natures de flexibilités présentes dans les organisations d'après Cohendet [25]

Axée sur la relation entre l'organisation et son environnement, la flexibilité dynamique, sous ses deux formes réactive et proactive, met en avant le rôle croissant de l'information. Son impact porte sur :

- les flux d'informations internes à l'entreprise,
- les flux issus des interactions de l'entreprise avec son environnement,
- les différentes formes de traitements à appliquer aux données recueillies pour permettre le déploiement de cette flexibilité (re planification des ressources de production, suivis de fabrication, échanges de données ...).

Le développement des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication⁷ a largement contribué à fournir ces fonctionnalités au système d'information (figure 4) [25, 43, 69].

Le rôle du système d'information est de plus en plus primordial dans les organisations industrielles morcelées et segmentées. Il constitue l'épine dorsale de l'organisation. Les technologies de l'information jouent un rôle essentiel dans les capacités dont il dispose pour remplir cette fonction.

⁷ Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication : NTIC dans la suite du texte

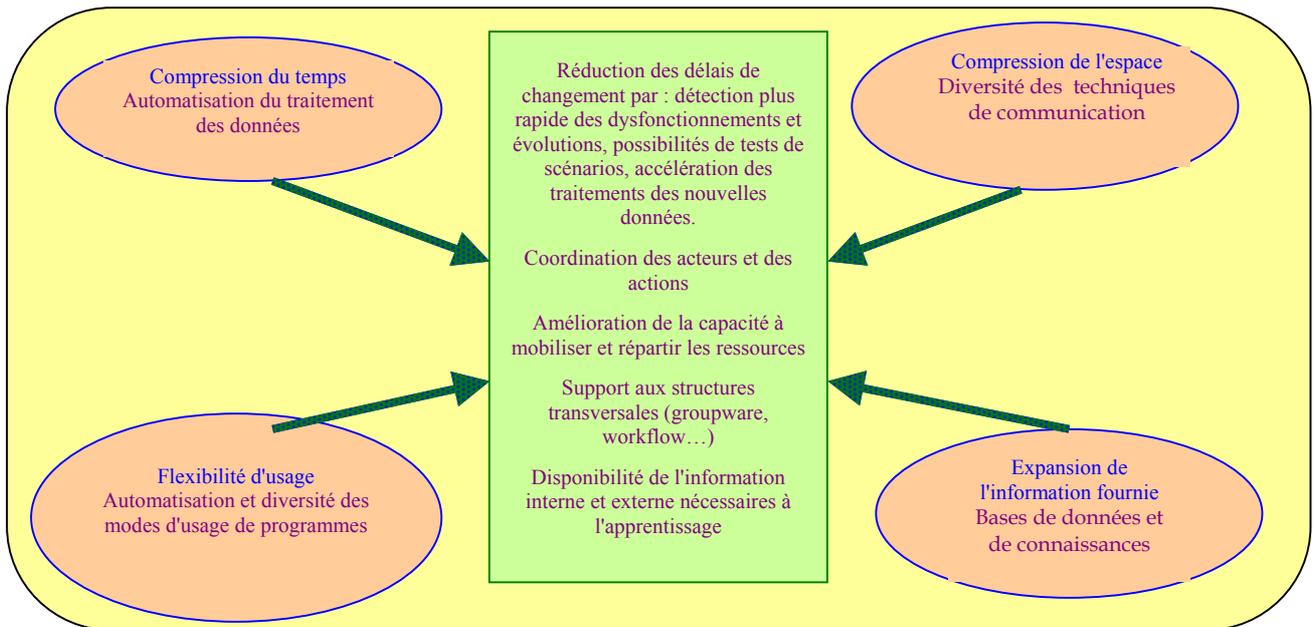


Figure 4 : Impacts des NTIC sur la flexibilité des organisations

L'implantation de progiciels de type ERP est d'ailleurs largement exploitée comme élément déclenchant d'un changement organisationnel souhaité par les directions. Cependant, si l'implémentation des systèmes informatiques facilite effectivement des transformations radicales des systèmes de gestion [99], elle ne résout pas toutes les difficultés et en génère même de nouvelles (figure 5).

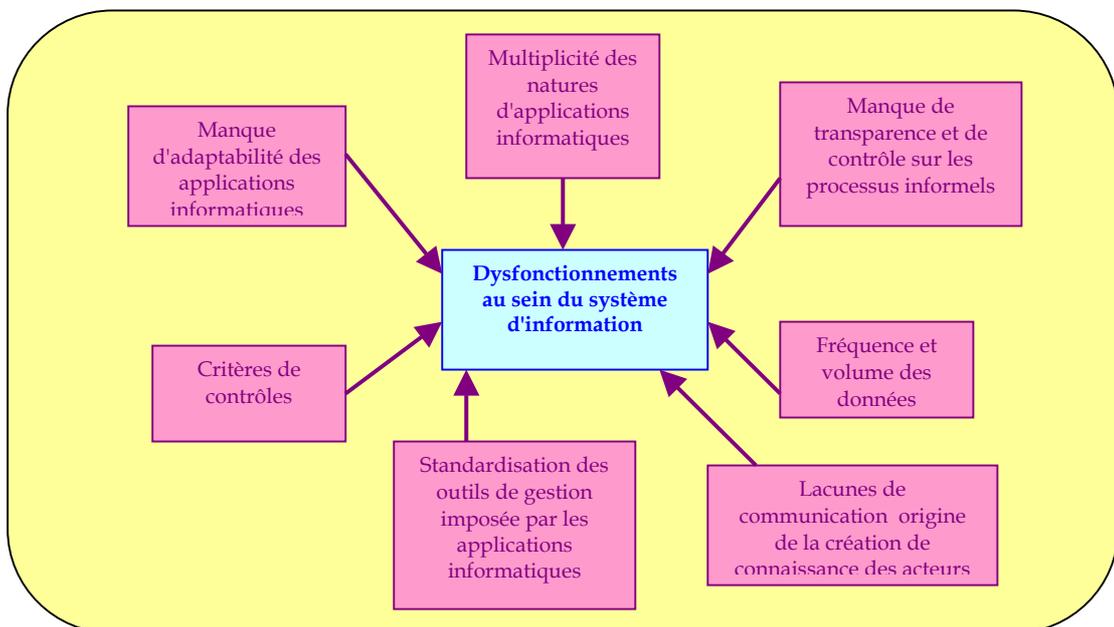


Figure 5 : Synthèse documentaire des origines de dysfonctionnements au sein du système d'information

D'une part, l'intégration de ces progiciels impose aux entreprises hôtes des découpages de leurs systèmes de gestion parfois inadaptés à leurs besoins. D'autre part, l'ampleur des fonctionnalités proposées par ces applications est également à l'origine de problèmes. Techniquement ces progiciels ne peuvent pas couvrir l'ensemble des applications informatiques exploitées par l'entreprise. En conséquence, les circuits informatiques sont constitués d'un patchwork de logiciels/ progiciels dont les

interfaces génèrent des ruptures de flux. Par ailleurs, la lourdeur de leur exploitation : temps de réponses importants, difficultés rencontrées lors de leur paramétrage et apprentissage par les opérateurs... sont autant de facteurs du refus du changement de la part de ces derniers.

Reix [91] souligne également le problème d'héritage que posent ces systèmes informatiques. Leur élaboration et leur implantation, longues et coûteuses, les difficultés rencontrées lors de la correction des programmes initiaux ... constituent autant de facteurs freinant leur adaptation aux évolutions des contextes internes et externes aux entreprises. Mais les solutions informatiques n'induisent pas que des problèmes techniques. Elles agissent également sur le fonctionnement du processus cognitif de leurs utilisateurs et sur ce plan nous sommes en désaccord avec Reix [92] qui estime que :

"L'évolution actuelle (à savoir les NTIC) tend à dépasser le problème de la nécessaire explicitation de la connaissance en privilégiant des solutions types... comme supports à une innovation continue fondée sur l'expérience les autres."

Selon nous, si les solutions types issues des expériences des autres peuvent effectivement être le support d'une démarche innovante cela ne peut être obtenu par un simple transfert. Il doit y avoir appropriation de la solution par l'entreprise avec ce que cela sous-tend d'analyse du problème et de travail d'adaptation du concept de solution au contexte spécifique. C'est ce travail d'adaptation qui va permettre le développement de connaissances au sein de l'entreprise [43].

La théorie de la communication élaborée en 1948 par Claude Shannon s'attachait à l'information considérée comme un ensemble de signes. Mais ces signes ne seraient qu'un contenant vide s'ils ne portaient pas en même temps du sens. Le sens est le devenir en germe perçu dans une situation. Une réalité ne prend de sens qu'à travers la prise de conscience de celui qui la regarde. Le sens attribué à une information est donc variable selon les personnes et selon les situations. Les technologies qui permettent de reproduire l'information à bon marché provoquent actuellement une prolifération des signes auxquels il est de plus en plus difficile de donner du sens. La part d'information réellement utilisée diminue. Pour lutter contre cette perte de sens, il est urgent de réintroduire des temporisations et des médiations humaines dans les automatismes électroniques. [43]

La connaissance, créée à partir de l'assimilation des informations, est un des éléments essentiels de la prise de décision. Aussi, la surabondance de données, et l'impossibilité pour les acteurs de confronter leurs points de vue, les empêchent d'élaborer du sens autour de ces informations. Ce phénomène peut entraîner des prises de décisions défavorables à l'entreprise.

Les NTIC fournissent aux organisations les moyens de développer des modes de fonctionnement beaucoup plus réactifs. En revanche, elles ne peuvent pas être l'unique constituant du système d'information et de communication. Des modes directs d'échanges doivent perdurer, ou se créer, afin de permettre:

- *la transmission de données et/ou d'informations non modélisées dans les systèmes informatiques,*
- *l'accroissement de la pertinence et du volume des connaissances élaborées par les acteurs des processus.*

La rigidité instantanée (les outils de gestion imposés par les progiciels) et dans le temps (manque d'adaptabilité des applications) démontre du danger d'une formalisation et maîtrise complète des pratiques de l'entreprise. En contre partie, l'acceptation de pratiques informelles implique que l'entreprise se dote de moyens pour assurer la cohérence des opérations qui y sont effectuées. Par delà les nouveaux potentiels qu'elles confèrent aux organisations (suivis des flux, automatisation des traitements de données...) le support d'échanges de connaissances qu'elles constituent joue un rôle primordial.

En effet, le niveau de performance et la compétitivité des firmes sont inhérents à leur

capacité à développer de multiples formes de coopérations et à créer une intelligence collective [84]. Le développement de cette intelligence collective est conditionné par, d'une part, la capacité de l'entreprise à traiter les informations auxquelles elle accède de telle façon que ses comportements soient modifiés. D'autre part à expérimenter de nouvelles pratiques [Huber 1991⁸, MacDonald 1995⁹]. Sur ce dernier point, les NTIC permettent le transfert, le stockage, et éventuellement le traitement ultérieur des données issues de ces expérimentations. En revanche, elles demeurent un outil au service de la création de l'intelligence. Cet outil ne peut rendre les services que l'on en attend que si ses conditions d'emploi, comme les objets de cette utilisation, ont été clairement identifiés et mis en œuvre.

1.2.4. L'apprentissage organisationnel

« ...La performance réside moins dans l'automatisation matérielle, voire informationnelle, que dans la capacité de l'entreprise à gérer efficacement les relations et les coopérations entre ses composantes et avec ses partenaires. Le tissu relationnel de l'entreprise est non seulement ce qui ne s'automatisera jamais, mais encore deviendra un des facteurs de performance essentiels. Paradoxalement, au-delà de l'automatisation, les organisations modernes vont retrouver l'importance du lien social, l'importance du facteur humain, dans ce qu'il a d'essentiel : l'interaction entre des intelligences. Le développement d'une « intelligence collective » par la coopération devient consubstantiel à la performance de l'entreprise » [Raux, 1997].

La complexification des relations entre les organisations et leurs environnements, internes et externes, a pour effet de remettre en question l'approche cartésienne traditionnellement employée. Dans le prolongement du développement de l'approche systémique, des auteurs se sont interrogés sur les moyens dont doivent se doter les organisations afin de prendre en compte cette complexité dans la résolution des problèmes qui se posent à elles. L'une des pistes de réflexion qui s'est dégagée est celle de l'apprentissage organisationnel. En effet, selon Peccei [81]:

«Apprendre est un processus de préparation à de nouvelles situations pour maîtriser les problèmes à venir»

tandis que pour Pautzke [80] :

«Le développement soutenu des capacités cognitives comprenant aussi bien l'acquisition de savoir qu'un savoir-faire pratique semble être un moyen réaliste de résoudre les problèmes actuels»

Les travaux portant sur l'apprentissage organisationnel remontent au début du siècle mais De La Ville [30] attribue à Simon une contribution fondamentale dans ce domaine. C'est, en effet, ce dernier qui démontrât que les structures des organisations conditionnent les processus cognitifs de ses membres permettant la prise en compte des forces environnementales.

Selon Probst [89], l'apprentissage organisationnel peut se définir comme :

«l'élargissement et le changement du système de valeurs et de connaissances, l'amélioration des capacités de résolutions de problèmes et d'actions ainsi que le changement de cadre commun de référence des individus à l'intérieur d'une organisation.»

Il doit fournir aux acteurs des systèmes organisationnels les moyens d'adapter leurs comportements

⁸ G. Huber, "A theory of the effects of Advanced Information Technologies on Organization Design, intelligence and Decision-Making", The Academy of Management Review, Vol.2, n°1, p.57-81, 1990

⁹ S. MacDonald, "Learning to change : An Information Perspective on Learning in the Organization", Organization Science, Vol. 5, p. 557-568, 1995.

aux évolutions de leur environnement. Cette évolution sera dépendante [13, 53]:

- des capacités de reconnaissance des situations (capacité à conceptualiser les situations, à fonctionner par analogie).
- de l'intelligence
- de l'expérience en tant que savoir socialement transmis.

La liaison entre apprentissage individuel et apprentissage organisationnel a donné lieu à un grand nombre de travaux et courants d'idées. Ceux-ci ont été synthétisés par Argyris [7] et remis en forme par De La Ville [30] (tableau 7).

L'apprentissage organisationnel s'effectue au travers de la mémorisation par l'organisation d'informations, indépendamment des individus, grâce à des systèmes spécifiques de mémorisation : cartes cognitives, mémoires, mythes et idéologies [46]. Cependant, cet apprentissage organisationnel est déclenché par des individus, et leurs interactions, qui créent un tout autonome avec des qualités et caractéristiques propres.

Approche	Principaux concepts	Lien entre apprentissage individuel et apprentissage organisationnel
Évolutionniste	Heuristique permettant de combiner différentes routines de façon innovante pour s'adapter à l'environnement.	Distinction difficile entre compétences individuelles et routines organisationnelles.
Structuraliste	Processus de transformation des structures d'autorité et de décision dans l'entreprise.	Il est créé par les structures d'autorité admises dans l'entreprise
Systémique	Les organisations sont des systèmes qui s'autorégulent et se maintiennent à travers des cycles d'action, d'essais et d'erreurs et de corrections d'erreurs.	Distinction des niveaux d'apprentissage en fonction de la restructuration cognitive qu'elle entraîne.
Culturelle	L'apprentissage organisationnel est la prise de conscience par les individus de la façon dont ils créent leur réalité sociale à travers leurs interactions.	L'individu apparaît par internalisation de processus sociaux. La réalité organisationnelle est socialement construite à travers les interactions quotidiennes
Politique	Les organisations sont constituées de groupes d'intérêts divergents.	Réflexions centrées sur la théorie des jeux et la notion de conflit
Groupale	L'apprentissage est un terme réservé aux individus dans le cadre d'un groupe.	Les organisations sont vues comme un ensemble de groupes plus ou moins coordonnés.
Anthropomorphique	Les organisations ne peuvent être réduites aux individus et à leurs interactions. Ce sont des sujets actifs, intelligents et possédant des objectifs propres.	Confusion totale des niveaux d'apprentissage organisationnel.
Visionnaire	Les apprentissages individuels donnent lieu à des visions personnelles qui sont ensuite recomposées en vision partagée entre les membres de l'organisation.	C'est le rôle du leader d'orienter les visions individuelles et d'organiser le travail en équipe et le dialogue afin qu'une vision commune émerge.
Théorie de l'action	L'apprentissage organisationnel est un processus cognitif actif qui consiste à organiser de façon permanente. Il s'agit d'un processus d'investigation réflexive.	La théorie utilisée au sein de l'organisation est en constante élaboration à partir d'images privées et de cartes publiques qui sont les vecteurs de l'apprentissage organisationnel.

Tableau 7 : Quelques perspectives sur l'apprentissage organisationnel adaptées d'Argyris, par de La Ville [30]

Les effets de l'apprentissage organisationnel se manifestent par une modification des cartes cognitives collectives, c'est-à-dire des représentations communes à un groupe. Ces représentations communes sont, selon Sackmann [94, 95] la résultante des confrontations des cartes cognitives individuelles. Selon lui, ces cartes individuelles, qui regroupent le savoir partagé de l'organisation, permettent de faire émerger :

- *le savoir de référence (langage commun à l'organisation, le «quoi» sur lequel elle base sa raison d'être,*

- *le savoir relationnel (les liens de causalité définissant la relation entre les événements et les résultats, le «comment»),*
- *le savoir procédural (les normes, règlements, procédures qui cadrent les actions, les «devoirs»),*
- *le savoir axiomatique (axiomes et hypothèses à l'origine des actions, le «pourquoi»).*

Il en résulte une transformation des connaissances partagées, des capacités d'actions matérielles et intellectuelles, et des changements de constructions sociales de la réalité.

La réussite de la mise en œuvre du processus d'apprentissage organisationnel est reconnaissable par :

- la transformation des connaissances partagées,
- l'augmentation des capacités d'actions matérielles et intellectuelles,
- les changements de constructions sociales de la réalité.

Mais l'intégration de l'apprentissage organisationnel dans les entreprises est un exercice difficile et subtil. Il ne s'agit pas d'appliquer une méthode destinée spécifiquement à cet effet. Son développement est induit par des pratiques telles que le travail en projets, l'organisation par les processus, le fonctionnement en réseaux, l'approche qualité... Toutes les méthodes et actions qui permettent d'explicitier les missions par leurs finalités, d'identifier les inter acteurs, de décrire les actions et interactions [43]... C'est donc un travail diffus et continu sous tendu par la volonté des dirigeants de développer une autre forme de culture et de comportement au sein de leurs organisations. De ce fait, il est impératif que ces dirigeants aient eux-mêmes pris conscience de la nécessité d'une telle démarche. Or ce type de réflexion est plus aisément rencontré dans les grands groupes que dans les PME/PMI. D'autre part, les changements de méthodes de travail proposés se heurtent à des comportements récurrents de refus du changement. Enfin, même lorsque le processus est engagé, les entreprises éprouvent des difficultés à maintenir cet effort [104].

Le problème qui se pose est fondamentalement celui de la non-compréhension par les hommes de l'organisation de la nécessité des changements, de la non-maîtrise par eux des concepts et outils qui les aideraient à accompagner voire anticiper les mutations. Les cadres et souvent les managers de ces structures ne perçoivent pas bien les mutations en cours, soit parce ce que culturellement ils ne peuvent pas les accepter, soit parce qu'ils ne peuvent pas en maîtriser toutes les conséquences [69].

Selon Charpentier [20], la direction d'une entreprise met en œuvre ce qu'elle considère comme l'organisation optimale. L'efficacité de la méthode dépend alors de la résistance au changement. Celle-ci tend à s'affaiblir en situations de tensions et de crises de différentes natures :

- insatisfaction des membres de l'organisation [67] qui mène à la recherche de nouvelles stratégies de collaboration parce que les résultats attendus ne sont pas obtenus.
- stress lié aux pressions internes ou externes à l'organisation [16],
- coordination des activités difficile voire impossible [80].

Cependant, plus les caractéristiques socioculturelles sont fortes plus le modèle théorique défini est déformé dans sa mise en œuvre même s'il semble, a priori, pertinent.

Le changement détruit les structures de savoir en place, les points de repères structurants et rassurants pour les individus. L'organisation doit donc désapprendre, effacer les connaissances des systèmes de mémorisation ce qui se heurte à un comportement humain qui tend à protéger le savoir, maintenir le statu quo. Les raisons évoquées par les auteurs pour expliciter ces comportements sont nombreuses [6, 12, 80] :

- dissimuler des incompétences,
- refus du changement « d'habitudes »,

- refus d'affronter des situations de paradoxes, des sujets tabous,
- refus de remettre en cause les normes, privilèges, position sociale,
- le nonaccès aux informations vraies : blocage ou déformation de l'information par la hiérarchie
- contre pouvoir culturel qui empêche tout mécanisme d'évolution : utilisation de slogans qui déforment la réalité par d'autres personnes qui souhaitent bloquer cette évolution,
- blocages psychologiques : refus de prendre en compte des informations qui remettent en cause les schémas d'interprétation établis ce qui est déstabilisant pour certaines personnes.

L'apprentissage organisationnel repose sur l'élaboration, par et pour un groupe, d'une vision partagée. Cette construction, établie sur les savoirs des membres de ce groupe :

- *propose un modèle enrichi de la réalité par rapport aux modèles de chacun,*
- *crée une communauté des finalités entre les membres,*
- *participe à développer une culture individuelle pro active qui facilite la réalisation d'actions cohérentes lors de la survenue de situations imprévues.*

Cependant, les réflexions des auteurs sur les organisations intelligentes s'attachent à définir des paradigmes : ceux des états à atteindre. Il n'est pas proposé de moyens (outils, démarche, méthode) ni de pratiques pour y parvenir et poursuivre cette évolution. Le développement d'une intelligence collective repose alors sur une autre façon de mener les projets, de permettre à chacun d'accéder à une nouvelle compréhension du système dans lequel il évolue. C'est donc sur une évolution préalable de la direction et de l'encadrement que s'appuient des idées. L'encadrement ayant évolué entraînera l'évolution des autres acteurs. On se positionne ici dans une démarche où la réflexion entraîne l'action (le projet conduit différemment). Cela apparaît comme une démarche difficile à concevoir dans une PME/PMI dans laquelle l'encadrement est généralement saturé de travail et ne dispose souvent pas du temps nécessaire pour prendre du recul. Dans ce type de configuration seule la démonstration de l'efficacité de l'action peut amener ces cadres à réellement s'interroger sur l'intérêt de propager une évolution de ce type. En conclusion, malgré l'intérêt que ces hypothèses dégagent, l'implantation de l'apprentissage organisationnel, en particulier dans des sociétés de tailles restreintes, demeure hypothétique.

1.2.5. Synthèse

L'évolution comportementale des marchés s'est traduite par la diversification et l'instabilité des natures de besoins à satisfaire. En conséquence, l'efficacité des organisations industrielles soumises à des marchés très concurrentiels dépend de leur capacité à reconfigurer, très rapidement et de façon cohérente, la coordination de leurs composantes. Ce contexte a conduit les entreprises à s'ouvrir à leur environnement et à segmenter leurs structures. Le rôle du système d'information s'est trouvé renforcé, tant pour l'acheminement des informations que pour leur traitement. Cette réorientation a été rendue possible par le développement des NTIC.

« Les NTIC transforment le quotidien des organisations, contribuent à l'émergence de relations plus directes, immédiates entre les hommes, accentuent le divorce entre les milieux réactifs de la nouvelle économie et les anciennes structures conservatrices reliées sur leurs positions défensives » [69].

Mais les NTIC constituent également un support au développement d'un apprentissage collectif au sein de l'entreprise [69]. Lorsque les effets de cet apprentissage sont effectifs, il y a accroissement de la flexibilité de l'organisation grâce au développement :

- des capacités créatives de ses membres. Cette créativité est l'élément indispensable pour l'élaboration de scénarios en temps réel par les gestionnaires et acteurs des processus.
- d'une intelligence collective qui permet la création de mécanismes de coordination inter cellules. Les structures organisationnelles tendant à se comporter comme entités auto organisées, cette intelligence devient indispensable. Elle seule peut permettre la sélection de solutions créatives cohérentes entre elles, vis-à-vis des objectifs de la direction, et vis-à-vis des attentes du marché.

En mettant en lumière que des entreprises, à priori identiques en termes de technologies, capitaux, marchés, parviennent à des niveaux de productivité et de qualité très différents, Liebenstein [56] a démontré l'incidence d'un facteur X d'efficience : l'organisation. Dans la perspective de la définition que nous donnons de l'organisation au sous-chapitre 1.1.3, ce facteur d'efficience repose sur la cohérence de la combinaison de ses composantes et de leurs interactions.

Cette théorie a notamment été validée par les résultats obtenus par les firmes japonaises. En effet, les apports des outils et concepts du juste à temps ne reposent pas sur l'exploitation de nouvelles technologies mais sur l'emploi d'un mode d'organisation différent. Cet exemple souligne également l'accroissement de l'implication des hommes et de leurs compétences pour élaborer des modes de fonctionnement qui permettent de répondre au contexte des entreprises [20]. La composante humaine devient un facteur prépondérant de l'efficacité des organisations industrielles. C'est ce facteur qui détermine leur capacité d'auto adaptation à leur environnement. Or si les solutions techniques peuvent aisément être copiées, initier une évolution des comportements humains est une tâche beaucoup plus complexe.

L'intégration des NTIC dans le fonctionnement des entreprises joue un rôle fondamental dans les nouveaux rôles et espaces offerts à l'homme au sein des organisations. Elles offrent des outils permettant l'acheminement et le traitement des informations dans des temps qui autorisent l'entreprise à une extrême flexibilité. Cependant, elles demeurent des outils qui, dans le meilleur des cas, peuvent et doivent aider à la décision. Mais, l'acte de décision relève de l'aboutissement d'un processus cognitif humain. Aussi, qu'il s'agisse de concevoir ou de corriger des procédures routinières, d'aménager des procédures d'urgence, des décisions doivent être prises par des hommes. Ces décisions, aux implications interactives, peuvent être prises de façon séquentielle dans le temps mais également en parallèle par :

- des services différents (achats, méthodes, fabrication...)
- des sous systèmes (de décision, de gestion et opérationnel)

L'apprentissage organisationnel apparaît comme un moyen de construire une vision commune de l'entreprise, et de son fonctionnement, aux membres de l'entreprise afin de limiter les risques liés à ces prises de décisions. Au-delà de cette approche nous approfondissons dans le sous chapitre suivant les moyens de gestion déployés pour réguler les problèmes liés à un tel éclatement du pouvoir tant décisionnel que d'action. Nous posons ensuite les limites de ces moyens et des projets industriels menés pour résoudre les dysfonctionnements occasionnés par ces limites.

1.3. Les pratiques déployées pour renforcer la cohérence des actions.

1.3.1. Le recentrage des activités par la création de valeur au sein des processus

Nous avons défini au sous-chapitre 1.2.1 que le facteur concurrentiel des entreprises est la valeur accordée au produit par le client. Cette évolution a, comme nous l'avons développé précédemment, bouleversé l'organisation de l'entreprise en la contraignant à centrer ses activités sur la satisfaction du client et non uniquement sur la recherche d'un optimum productivité/diminution des coûts de revient.

Selon Chazelet [23], les entreprises ont eu à effectuer une transition d'une configuration dans laquelle : créer de la valeur consistait à dégager un bénéfice, un profit, en vue de rémunérer l'actionnaire, à une configuration dans laquelle la création de valeur est à destination non seulement de l'actionnaire mais aussi du client.

Nous réfutons cette approche qui nous semble simplificatrice. En effet, selon nous, ces deux besoins ne peuvent pas être considérés sur le même plan, ni selon le même horizon temporel. La création de valeur vis-à-vis du client n'est pas une finalité ultime. C'est un moyen incontournable pour l'atteinte de l'objectif propre à toute entreprise privée : rétribuer l'investissement de ses actionnaires.

En revanche, la prégnance forte de cette réelle finalité a, de tout temps, conduit les organisations à mesurer leur efficacité en terme de coûts. En conséquence, les natures d'indicateurs de mesure de cette efficacité, comme les natures de projets d'amélioration, ont été fortement influencées par cette stratégie de réduction des coûts. La nécessité de pourvoir le produit de caractéristiques qui satisfont aux attentes des clients remet en cause cette approche. L'organisation doit s'efforcer d'atteindre l'optimum du rapport coûts engendrés / valeur créée pour le client. L'enjeu de rentabilité n'est donc pas différent mais les conditions à respecter pour y parvenir se sont complexifiées. Le choix d'une stratégie basée uniquement sur une économie des coûts de fonctionnement de l'organisation ne peut pas conduire à des bénéfices sur le long terme. Sur cet horizon la survie de l'entreprise est conditionnée par sa capacité à mettre en œuvre une démarche vertueuse vis-à-vis de ses clients.

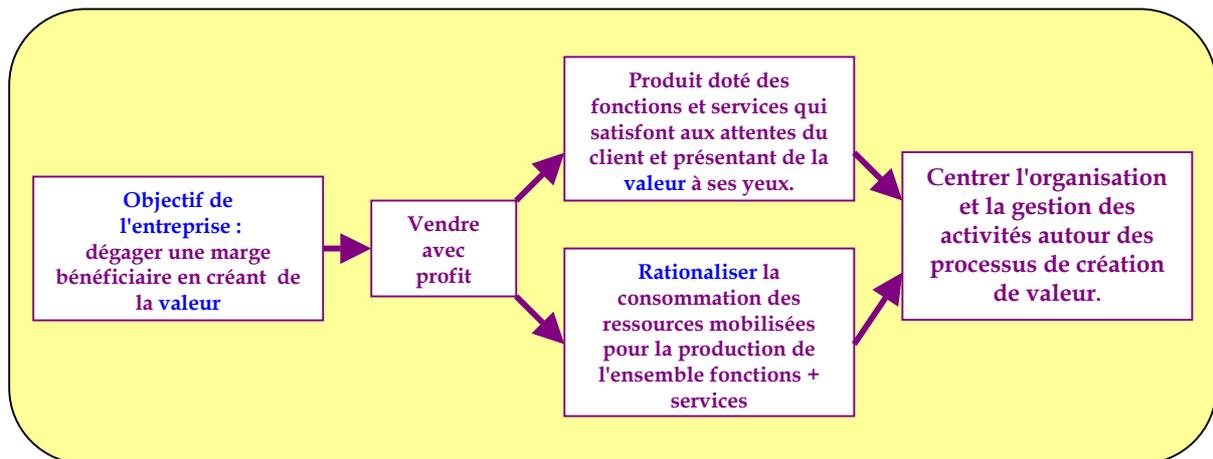


Figure 6 : Influence de la notion de valeur du produit pour le client sur les pratiques des entreprises

Mise en évidence au niveau du produit, la valeur se constitue au sein des processus qui forment l'entreprise (figure 6).

On sait depuis longtemps que de la conception à la mise sur le marché d'un produit, tout au long de la chaîne, il y a, au regard de l'attente du client, foison de gestes inutiles, de répétitions, de matières gâchées, de consommation de ressources sans objet, de temps

perdus, de procédures etc., qui pourraient être économisés (...). On sait depuis longtemps que l'on peut produire plus de valeur pour un même coût. Mais cela suppose de travailler au cœur des processus de l'entreprise, là où se forment les coûts inutiles" [Jocou et Meyer¹⁰, 1996].

Les processus définissent la manière dont l'entreprise consomme ses ressources pour créer les fonctionnalités attendues par les clients [59]. En adoptant un mode gestion par les processus les directions d'entreprises cherchent à cristalliser les réflexions et actions de leurs membres sur la réalisation d'un produit/service. Celui-ci devient l'élément support de la coordination :

- *des actions des différents acteurs de ces services.*
- *des flux d'informations et de matières nécessaires et générés.*

De ce fait, la nécessité de « réaliser » ce produit est obligatoirement un objectif partagé par tous. En revanche, pour que cette communauté de définition du besoin s'étende aux caractéristiques / attributs de ce produit (délai, respect des formes, qualité...), il faut qu'il y ait :

- *un partage des informations,*
- *des échanges*
- *des modes de coopérations*

entre des acteurs appartenant à des obédiences fonctionnelles différentes, qu'il s'agisse de services internes à l'entreprise ou de fournisseurs / partenaires externes. Si ce résultat n'est pas atteint, il ne peut y avoir une réelle optimisation de la relation « engagement des ressources dépensées / valeur créée ».

1.3.2. Les limites d'actions de la direction

De façon générale, les auteurs s'entendent à reconnaître que la structuration et le fonctionnement des organisations industrielles sont déterminés pour permettre la satisfaction des objectifs stratégiques des dirigeants [19, 72]. Nous proposons d'utiliser le modèle systémique construit par Gaabab [42] pour illustrer le mode de propagation de ces décisions stratégiques dans l'organisation (figure 7).

Dans ce modèle théorique de fonctionnement des organisations, la stratégie (niveau d'analyse 1) définit les conditions pour transformer la valeur potentielle créée par l'entreprise en valeur effective acquise par les clients. Pour cela, la direction assigne des objectifs fonctionnels et quantitatifs :

- à chaque service (cas d'un mode de gestion de type fonctionnel),
- à chaque activité (cas d'un mode de gestion par les activités) [14].

Le niveau de gestion (niveau d'analyse 2) crée l'organisation en déployant des processus fonctionnels basés sur l'exploitation des ressources dont l'encadrement a la responsabilité. Les opérationnels (niveau 3 d'analyse) appliquent les procédures. L'ensemble s'autorégule au moyen de boucles de contrôle rétroactives d'un niveau vers le niveau supérieur.

Les choix que réalise l'encadrement pour doter les processus des fonctionnalités requises par la direction lui appartiennent. Le plus souvent la direction exerce un contrôle au travers d'indicateurs qui permettent de vérifier que ces fonctionnalités existent et que la cohérence de l'organisation est assurée. Ce type de contrôle ne permet pas de faire apparaître que la façon dont elles sont obtenues génère des problèmes dans d'autres services. Ces dysfonctionnements sont d'autant plus difficiles à identifier que les pratiques qui sont à leur origine ne sont pas toujours formalisées. En effet, le fonctionnement de la structure doit pouvoir s'adapter, en temps réel. Les origines de ces besoins

¹⁰ Jocou et Meyer, 1996, La logique de la Valeur, Dunod, Paris.

d'adaptation peuvent être diverses :

- événements : panne machine, changement de la demande client...
- dysfonctionnements des mécanismes de coordination : absence d'une ressource, lacune informationnelle...

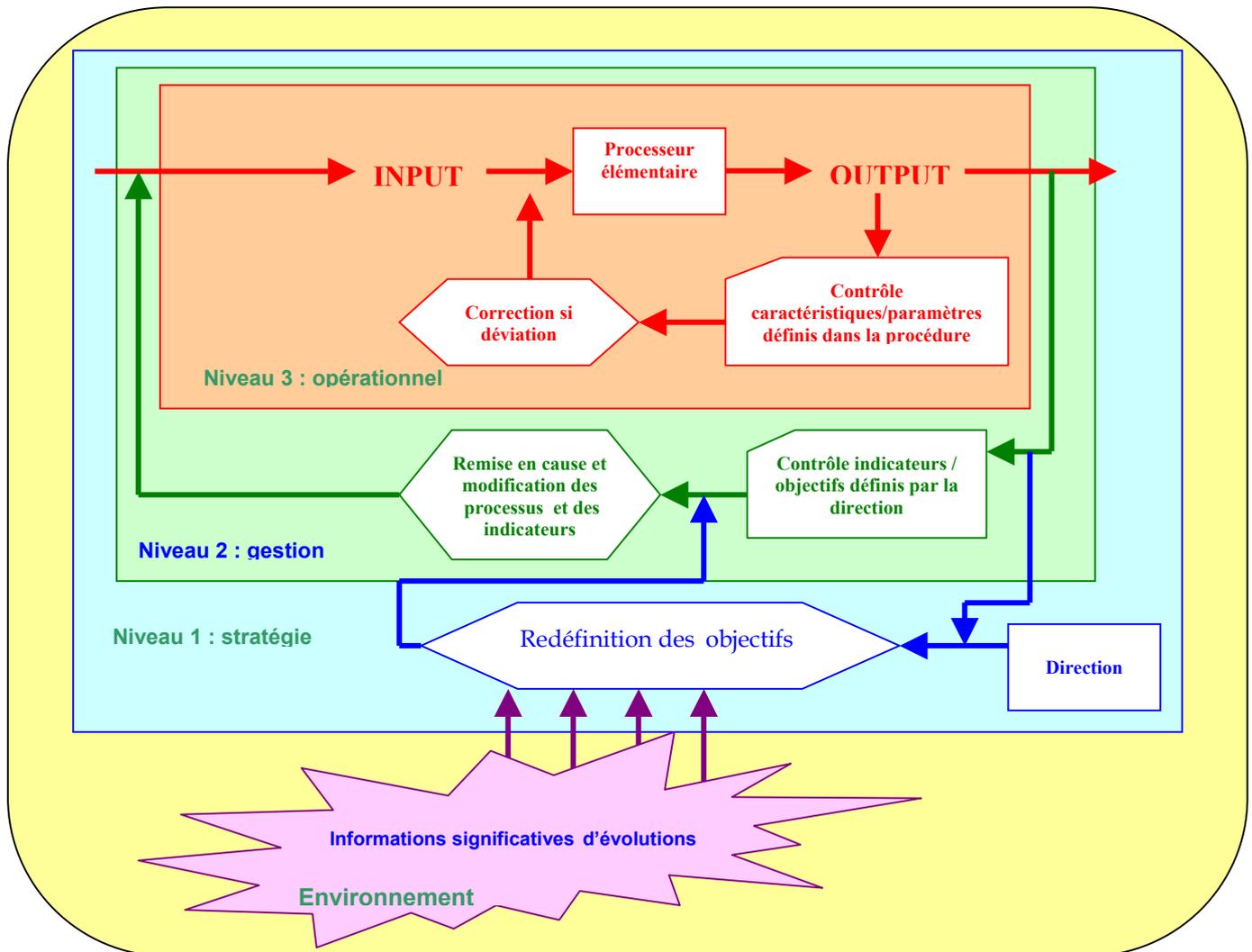


Figure 7 : Différents niveaux d'interventions sur les processus

Les niveaux 2 et 3 disposent, le plus souvent, de l'autonomie requise pour effectuer ces adaptations. Cependant, cette autonomie se traduit également par l'emploi de pratiques informelles. Ainsi chaque niveau systémique de l'organisation possède son propre sous-système décisionnel [103]. Ces derniers sont respectivement influencés par des objectifs et des contraintes qui leur sont propres et parfois antagonistes. A l'existence des dysfonctionnements issus de ces pratiques s'associe la difficulté de les détecter. En théorie, le contrôle de gestion devrait s'assurer de la cohérence des actions par le jeu des indicateurs. Cependant, la réalité démontre le manque d'efficacité de ce contrôle [14, 60, 71]. Les raisons évoquées pour expliquer ces défaillances sont notamment que la définition de ces indicateurs requiert de modéliser réellement l'existant. Cela signifie, à nouveau, être capable d'identifier les pratiques informelles et donc de ne pas modéliser les pratiques telles qu'elles devraient être mais bien telles qu'elles sont effectivement mises en œuvre. Cela signifie également de disposer de moyens informatiques permettant de suivre la dynamique d'évolution des pratiques. Or nous avons indiqué au sous-chapitre 1.2.3 les difficultés posées par l'évolution des systèmes informatiques.

Dans ce contexte, les décisions produites par chaque acteur du processus, chaque gestionnaire, bien

que localement satisfaisantes, peuvent être globalement néfastes. Ces erreurs se traduisent alors par des incohérences dans le fonctionnement du processus dues à une mauvaise coordination des opérations, à des natures d'opérations non requises, à des gaspillages de temps, d'argent...

"...un système industriel ... se présente comme un système complexe, composé de multiples boucles interconnectées. Les décisions, ou commandes d'action, sont prises en différents endroits du système, souvent simultanément. On observe des mécanismes de rééquilibrage mis en oeuvre par différents contrôles humains" [103]

Nous relierons ces dysfonctionnements à l'absence de vision globale de l'organisation et de travail aux interfaces des solutions déployées par chaque service.

Les relations hiérarchiques, les passages d'informations et les répartitions de rôles au sein des structures organisationnelles sont censés empêcher la possibilité d'actions néfastes par l'un de ces niveaux vis-à-vis de l'objectif global. Cependant, l'autonomie indispensable des groupes d'acteurs vis-à-vis de la réalisation du processus fournit l'espace à la réalisation d'actions discordantes vis-à-vis des objectifs globaux car ceux-ci ne sont pas accessibles à tous. En particulier, plus les acteurs considérés sont proches des niveaux opérationnels plus leur vision du système auquel ils appartiennent, et de ses objectifs, est limitée et définie par les indicateurs de productivité qui leur sont assignés. Par ailleurs, l'ignorance par la direction d'un certain nombre de pratiques informelles entraîne chez elle une méconnaissance du fonctionnement réel de son organisation mais aussi des contraintes opératoires que cette organisation doit prendre en compte.

Enfin, la granularité des pratiques définies dans les systèmes informatiques, un paramétrage limité aux processus formalisés et leur manque de flexibilité, font qu'ils ne peuvent pas fournir une réponse complète :

- à la connaissance du fonctionnement réel du système,
- à sa maîtrise,
- au besoin de détecter les dysfonctionnements.

1.3.3. Les projets industriels d'amélioration organisationnelle

L'observation des pratiques industrielles démontre que l'adaptation des processus à l'évolution des objectifs que s'assigne l'entreprise, est essentiellement obtenue par la mise en œuvre de projets d'amélioration. Les étendues et les natures de champs investigués au travers de ces projets varient du fait de la multitude de facteurs qui interviennent dans le fonctionnement des organisations industrielles mais également des positions hiérarchiques très différentes des personnes et fonctions qui peuvent en être à l'origine. Un critère couramment retenu afin d'ordonner cette confusion est celui de la nature de l'amélioration recherchée. Ainsi, Maders & al [62] proposent de distinguer les projets destinés à :

- diminuer les coûts de revient,
- améliorer la qualité,
- motiver le personnel,
- accroître la sécurité (contrôle),
- accroître la fluidité de l'information,
- améliorer les processus de prises de décisions.

Un autre axe de différenciation des problèmes est proposé par Laszlo & Laugel [54]. Selon eux, les problèmes organisationnels peuvent être distingués selon l'ampleur de leur impact sur les processus existants. Ainsi, ils identifient des problèmes globaux remettant en cause des processus principaux,

tels que la planification de la production, les processus de fabrication, de contrôle... et des problèmes locaux, touchant, eux, aux processus fonctionnels.

Sans qu'ils précisent, au travers de leurs conditions expérimentales, l'ampleur des projets considérés, Hooffman & Meyra [49] constatent la faible efficacité de ces projets d'amélioration. Cette défaillance se traduit selon eux par :

- la faible proportion des solutions réellement mises en œuvre au terme de ces projets.
- la non atteinte des objectifs assignés aux indicateurs de contrôle.

Ces évaluations qualitatives sont confirmées par les résultats de l'étude effectuée par le « Standish Group International », citée par Stal-Le Cardinal [101] qui fait apparaître que, sur 8380 applications informatiques :

- 16% seulement des projets ont respecté les objectifs en termes de coûts et délais, présentant seulement 42% des fonctions originellement prévues,
- 53% des coûts de ces projets dépassaient de 189% les budgets initiaux,
- 31% seulement des projets arrivaient à leur terme.

L'étude heuristique effectuée¹¹ par Hoffman & Mehra les conduit à proposer différentes causes à ces échecs. Celles-ci sont, classées par ordre d'importance décroissant :

- le manque d'engagement et d'investissement de la direction dans les projets d'amélioration,
- une approche parcellaire de l'analyse et du solutionnement des problèmes,
- le faible niveau de formation du personnel d'encadrement au traitement des problèmes liés à la productivité,
- une coordination inadéquate ou inefficace des différents services,
- le faible niveau de formation du personnel opérationnel,
- un niveau de communication insuffisant dans l'organisation en général,
- le manque de relations entre les employés.

Pour contrevenir à ces insuffisances ils proposent le développement du modèle conceptuel présenté en figure 8. Cependant, ce modèle n'explique pas comment favoriser une réelle participation et implication de la direction – élément pourtant identifié comme majeur par l'auteur. Par ailleurs, seules les décisions stratégiques sont considérées comme facteur d'évolution des organisations. Or, comme évoquée en début de paragraphe, l'une des particularités des organisations, est justement qu'elles peuvent être modifiées, à des échelles variables, par les différents niveaux hiérarchiques qui les composent. Notre analyse à ce sujet rejoint celle de Thiry :

« ... même dans les entreprises qui se veulent des grandes écoles de stratégie délibérée, la réalité démontre que la marche de l'entreprise est peu influencée par la stratégie concoctée en haut lieu. Ce sont plutôt les petits changements opérationnels, pensés au niveau des exécutants, qui influencent la marche de l'entreprise. Encore, si cette marche inexorable allait dans le sens de la stratégie, ce serait peut être moindre mal, mais ce n'est pas souvent le cas. » [104]

Enfin, comment initier concrètement le développement d'une culture de communication au sein de l'entreprise, remédier au manque de coordination ou encore "dimensionner correctement" l'approche des problèmes à traiter ? La solution évoquée par les auteurs est celle de la mise en œuvre des outils du TQM¹² et en particulier de la notion de client interne. Cependant, les auteurs soulignent eux-même les difficultés soulevées par cette approche (telles que la faible motivation des salariés et la peur du

¹¹ Enquête industrielle déployée auprès de 100 PME américaines (300 à 500 personnes) appartenant à des secteurs d'activités divers : mécanique lourde, chimie, équipement électrique, et matériel de manutention.

¹² T.Q.M. : Total Quality Management

changement).

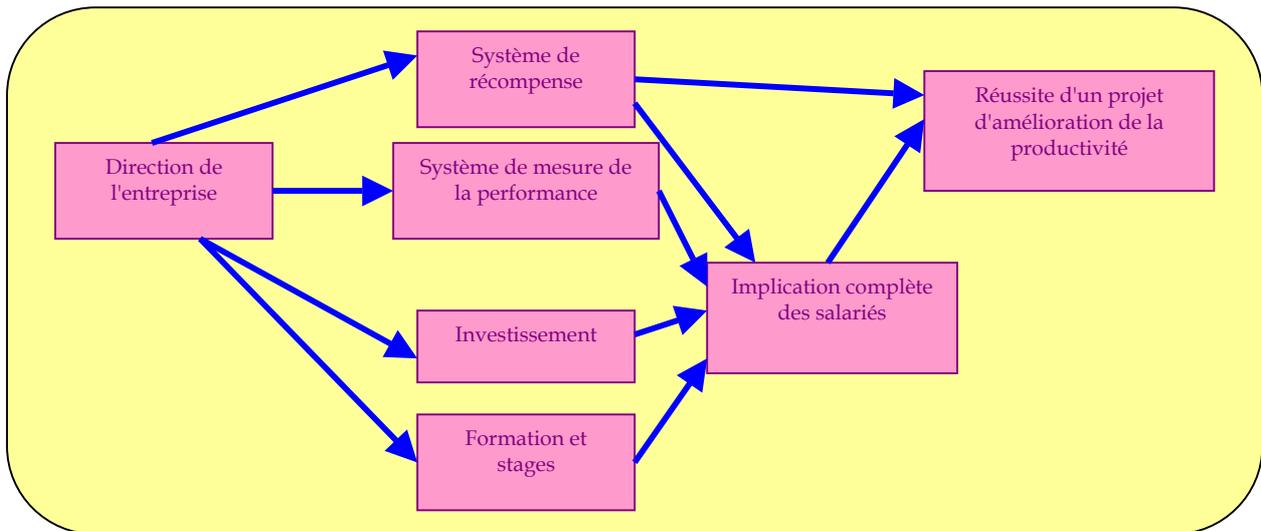


Figure 8 : Caractéristiques de la réussite d'un projet d'amélioration [49]

En fait, la difficulté centrale qui émerge au travers des différents sous problèmes évoqués ci-avant, est bien celle d'une absence de communauté de pensées, d'objectifs et d'actions entre les différents groupes qui forment l'entreprise. Ces scissions apparaissent tant entre les différentes strates hiérarchiques qu'entre des groupes de niveaux hiérarchiques similaires mais aux finalités fonctionnelles différentes. Il en résulte un manque d'efficacité de l'analyse des problèmes effectuée dans les projets d'amélioration, et de pertinence des solutions proposées. Ces thèmes sont exactement ceux que s'efforce de traiter l'apprentissage organisationnel.

En résumé, une synthèse des publications et travaux sur les projets de réorganisations des entreprises fait surtout apparaître que ce sujet est assez confus. Sous cette appellation vague, ou d'autres assez proches, des projets hétéroclites sont considérés. Pourtant les différences de catégories de fonctions intégrées dans ces projets, l'ampleur des modifications souhaitées puis réellement appliquées sont autant de critères qui justifient de considérer des cas différents.

En conséquence, nous retiendrons que des résultats quantitatifs bruts [49, 101] révèlent l'inefficacité d'un grand nombre de projets d'amélioration. Parmi les facteurs explicatifs de ces échecs, l'absence d'une vision globale et commune aux différents groupes (services fonctionnels et niveaux hiérarchiques différents) de la structure et du fonctionnement de l'organisation apparaît être un élément essentiel. Il s'agit d'un thème propre au domaine de l'apprentissage organisationnel. Il semble donc que soit les PME/PMI n'ont pas intégré les propositions qui en sont issues à leurs méthodes de conduite de projets, soit que cette intégration soit un échec. Cependant, compte tenu de la diversité des types de projets menés cette explication ne peut être la seule considérée. La diversité de catégories de projets menés révèle un risque potentiel d'interactions néfastes entre eux, de non prise en compte mutuelle des actions effectuées par les différents groupes de l'organisation. Afin d'identifier plus largement les causes des échecs de ces projets il est donc indispensable de redéfinir ces catégories de projets, les méthodes et outils employés pour les réaliser.

1.3.4. Synthèse

En évoluant vers des systèmes de gestion orientés sur les processus certaines organisations industrielles ont tenté de rendre plus lisibles l'effet des décisions et règles de gestion adoptées au regard de la valeur réellement créée pour le client mais aussi pour l'entreprise. Cependant, ces processus traversent des groupes/services/fonctions divers de l'organisation qui se construisent leur

propre notion de valeur. Chacune de ces visions se constitue sur la base :

- de la culture de ce groupe,
- des objectifs, assignés par la direction, au groupe lui-même, en dehors du processus considéré,
- de l'interprétation que les membres de ce groupe se forgent des objectifs qui leur sont assignés vis-à-vis du processus considéré.

De ce fait, il ne peut résulter que des divergences d'objectifs entre les différents groupes qui forment l'organisation. En effet, dans ce cas le groupe oriente sa création de valeur envers ce qui est valorisé dans son environnement immédiat et non sur l'ensemble du processus. Il y a alors variation d'interprétation des objectifs entre les différents groupes intervenants sur le processus.

Sous système porteur du dysfonctionnement	Dysfonctionnements	Causes	Conséquences
Décisionnel	Incohérences des décisions des différents niveaux / fonctions de l'organisation	Absences de communication Vision partielle des objectifs Vision partielle des contraintes.	Antagonisme des actions menées
Informationnel	Ruptures des flux	Absences de communication entre les applications informatiques	Construction défailante de la connaissance des acteurs des processus au regard des objectifs de l'entreprise
		Manque de communication entre les acteurs des différents niveaux et services (1)	
	Erreurs de sélection des données pertinentes dans celles reçues.	(1) + volume important de données	
	Outils de gestion non adaptés à la situation spécifique de chaque entreprise	Formatage forcé par les progiciels et absence de guide de choix induisant un copiage des solutions déjà mises en œuvre	Mauvaise exploitation des ressources de l'entreprise
	Critères de contrôle des processus inadéquats	Culture des entreprises basées sur les coûts Difficulté à évaluer la création de valeur pour le client au sein des processus	Impossibilité de centrer l'implication des acteurs sur la création de la valeur client
Manque de flexibilité des processus organisationnels	Prépondérance trop forte des progiciels difficilement modifiables comme architecte de l'organisation	Non-adaptation aux évolutions des besoins	
Opérationnel	Déploiement des décisions de la direction freinées ou empêchées	Peur du changement ou de la perte de pouvoir. Inadéquation des pratiques imposées avec les contraintes réelles	Antagonisme des actions menées, non-adaptation aux évolutions des besoins, mauvaise exploitation des ressources de l'entreprise

Tableau 8 : Causes et conséquences des dysfonctionnements provoquant une incohérence des processus industriels

Ces écarts expliquent notamment que les gestionnaires de processus ne peuvent pas totalement jouer le rôle que leur assigne leur position hiérarchique. Éléments de liaison entre la direction et les opérationnels, c'est normalement à eux d'interpréter les objectifs globaux et de les restituer à leur subordonnés. De même, ils ont en charge de détecter les réalités opératoires et d'intégrer leurs conséquences dans les procédures officielles. Mais nous avons montré que le besoin en réactivité limite le champ de ces pratiques officielles et qu'une partie des pratiques demeure, et doit demeurer, informelle pour être flexible. Aussi, que ce niveau des gestionnaires soit, ou non informé, des pratiques informelles, son souci est de parvenir à des résultats qui satisfassent sa direction plus que d'informer cette dernière des réalités opératoires. Dans la méconnaissance de la réalité opératoire qui est la sienne rien ne garantit plus que les décisions prises par cette direction soient satisfaisantes.

Cette analyse nous amène à proposer une liste de dysfonctionnements majeurs. Nous présentons une répartition de ces dysfonctionnements selon chacun des sous systèmes des organisations industrielles permettant normalement d'assurer la cohérence des processus (tableau 8).

L'attribution spécifique à l'un des sous systèmes de certains de ces dysfonctionnements est simplificatrice car de même que leur fonctionnement est interactionnel, les causes et conséquences des dysfonctionnements trouvent leurs racines et se répercutent simultanément sur eux trois. Cependant, dans un souci de clarification de l'existant nous avons "simplifié" la réalité en tentant de relier ces dysfonctionnements avec celui des sous systèmes le plus fortement impliqué dans l'émergence du dysfonctionnement.

Cette synthèse fait apparaître à nouveau le rôle crucial de l'information. Information/communication : ce sont là, en raison des ruptures dont elles sont l'objet, de leur manque de souplesse...des causes rémanentes aux dysfonctionnements des processus industriels. Parce que l'information n'est pas présente au bon endroit, au bon moment, parce que la connaissance ne peut pas se développer, les décisions prises sont des erreurs. Un retard de livraison dû à un accident du camion de livraison pourra très rarement être évité à un « prix » tolérable. En revanche, des choix cohérents d'ordre de passage des OF dans différents secteurs de fabrication d'un même atelier, la transmission des informations vitales pour leurs actions futures aux services amonts et avals ... sont des actions types qui demandent à leurs acteurs d'élargir leur vision de leur rôle et de leur responsabilité au-delà du service même où ils interviennent directement. Pour y parvenir, ils doivent recevoir, analyser et transmettre de l'information. Pour être intéressés à le faire, ils doivent être persuadés que l'intérêt global de l'organisation est le leur et n'est pas représenté par la combinaison : culture du sous-groupe, objectifs assignés au service, objectifs assignés à chacun des processus qui le concerne.

Les échecs apparents de nombreux projets de réorganisation montrent la difficulté à mettre en place cette dynamique. Son activation passe nécessairement par les pratiques recommandées dans le cadre de l'apprentissage organisationnel. Cependant, il est impossible de limiter les causes possibles de ces échecs à la non-application des préceptes de l'apprentissage organisationnel. Nous devons également nous interroger sur l'adéquation des méthodes de projets employées pour résoudre les dysfonctionnements qui existent au sein des processus industriels.

1.4. Positionnement de notre recherche

Les PME/PMI présentent des difficultés particulières dans la conduite des projets d'amélioration de leur fonctionnement. En effet, au-delà d'une taille assez restreinte l'analyse de leur fonctionnement global devient difficile et fastidieuse. En parallèle, elles manquent le plus souvent de disponibilités en ressources humaines pour mener ces projets et de disponibilités financières pour des recours extérieurs.

C'est à ce public particulier des PME/PMI que nous nous intéressons dans ces travaux de recherche.

Le chapitre 1 a montré combien ces organisations, notamment pour celles se situant sur des marchés fortement concurrentiels, peuvent être le lieu de nombreux dysfonctionnements. Elle a également mis en évidence l'inadéquation des solutions employées à ce jour pour résoudre correctement beaucoup de ces dysfonctionnements. Il existe différents types de projets destinés à améliorer le fonctionnement des organisations. Gaabab [42] en propose une classification d'après les modes de pilotage qui y sont déployés :

- **Pilotage Arithmétique** : les opérateurs mettent en œuvre des règles de décision prédéfinies. Ils prennent en charge les événements qui risquent de perturber le fonctionnement du système « Ressources-Activité-Résultat ». L'opérateur acquiert compétences et savoir-faire qui lui permettent d'automatiser ses réactions sans toucher aux règles formelles de pilotage.
- **Pilotage Algorithmique** : l'encadrement applique, sur les résultats de l'activité, des méthodes rationnelles d'analyse et de vérification en vue de l'améliorer. Ces actions requièrent un savoir structuré de nature technique et/ou économique.
- **Pilotage Heuristique** : consiste principalement à rechercher des voies d'amélioration par la mise en œuvre d'une démarche exploratoire. Il est employé dans deux configurations. Pour faire face aux événements singuliers et imprévisibles qui entraînent de fortes perturbations sur le résultat alors que les structures formelles ne permettent pas de le traiter. D'autre part, il permet la mise en œuvre d'un comportement proactif en procédant par découverte et innovation. Cette démarche aboutit à la constitution d'un savoir nouveau qui contribue à renforcer l'aptitude des décideurs à l'innovation.

Nous avons dégagé, au cours de l'analyse du contexte qui précède, un certain nombre de causes possibles de dysfonctionnements. Nous en proposons une synthèse dans le tableau 9. Nous y associons, pour chacun des sous systèmes de l'entreprise, les modes de pilotage identifiés par Gaabab tels qu'ils sont habituellement répartis.

Parmi les différents types de dysfonctionnements et de projets d'amélioration qui leur sont associés, nous nous intéressons, dans ces travaux, à ceux qui apparaissent au niveau du sous système de gestion.

Les dysfonctionnements considérés se manifestent par une non-conformité des processus fonctionnels en regard des indicateurs de contrôle ou des évolutions du contexte et des objectifs de l'entreprise. Ces natures de dysfonctionnements sous-tendent des méthodes de résolution de natures tant algorithmiques – type recherche opérationnelle – optimisation de l'ordonnancement, règles de gestion des stocks... qu'heuristiques c'est-à-dire de projets dans lesquels l'objectif est de **concevoir** de nouvelles pratiques.

C'est à la conception de nouvelles pratiques au sein des processus existants et aux méthodes et outils employés industriellement pour y parvenir, ainsi qu'à leurs lacunes, que nous allons dorénavant nous intéresser.

Notre objectif n'est donc pas d'identifier ou d'inventer un nouveau concept de gestion mais de

permettre l'adaptation de ceux choisis par la direction. En d'autres termes, nous ne chercherons pas dans ces projets d'amélioration à remettre en cause un fonctionnement en juste à temps, kanban, flux poussés...mais ces choix ayant été effectués, à reconcevoir les pratiques, modes d'exploitations des ressources associées qui sont à l'origine de dysfonctionnements, de problèmes.

	Causes	Comportement	Ampleur	Mode de pilotage
Niveau opérationnel	Non-conformité outputs	Réactif	Locale	Arithmétique
	Non conformité processeur / indicateurs	Réactif	Locale	Arithmétique
	Non conformité processeur/attentes opérateur	Réactif	Locale	Arithmétique
Niveau de gestion	Non conformité outputs	Réactif	Locale à globale	Algorithmique à Heuristique
	Non conformité processus fonctionnels / indicateurs	Réactif	Locale à globale	Algorithmique à Heuristique
	Non conformité processus fonctionnels / évolutions	Réactif à proactif	Locale à globale	Algorithmique à Heuristique
Niveau stratégique	Non conformité processus globaux / indicateurs	Réactif	Globale	Algorithmique à Heuristique
	Changements stratégiques	Réactif à proactif	Globale	Algorithmique à Heuristique
	Volonté d'évolution permanente	Proactif	Globale	Heuristique

Tableau 9 : Proposition d'une typologie des origines et ampleurs des changements dans les organisations industrielles

Au cours du chapitre 2, nous spécifions la définition des processus industriels que nous prenons en compte dans ces travaux ainsi que les natures et causes de dysfonctionnements que nous souhaitons voir résoudre.

Puis nous proposons une analyse des pratiques industrielles employées pour résoudre ces dysfonctionnements. Nous cherchons ici à clarifier le sujet des causes d'échecs aux projets d'amélioration du fonctionnement des organisations.

La question à laquelle nous nous efforçons de répondre ici est la suivante :

L'absence de réussite des projets d'amélioration industriels s'explique-t-elle uniquement par l'inexistence d'une culture commune au groupe qui devrait exister en permanence pour le bon fonctionnement de l'organisation ?

La notion même de conception de systèmes amène à évoquer le cycle de conception de produits. Ce domaine a fait l'objet depuis de nombreuses années de recherches tant sur les méthodes de management de projets, que sur les méthodes et outils de conception eux-même. Nous tenterons de déterminer quelles différences méthodologiques caractérisent les pratiques mises en œuvre dans ce domaine pour résoudre les dysfonctionnements au regard des pratiques de réorganisation.

Il en découle que la deuxième question à étudier est :

Peut-il y avoir enrichissement des pratiques mises en œuvre dans les projets de réorganisation des processus grâce aux méthodes et outils développés en conception de produits ?

Ce dernier point nous amène à positionner la thèse de P. Vadcard [106] pour définir les positions relatives que nous attribuons respectivement aux notions d'outils, méthodes de conception et méthodes de management (tableau 10).

Éléments méthodologiques existants en conception de produits	Méthode de management	Méthode de conception de produit	Outil de conception de produit
Composantes de l'ingénierie de développement [BOCQUET 96]	Entreprise	Projet de conception	Produit
Modèles sémantiques complémentaires en conception [CANTZLER, 1995]	Organisation de l'entreprise vis-à-vis de la conception	Activité de conception	Produit
Finalité [La Valeur n°69, juil.96, p.7]	Optimiser l'entreprise (culture)	Optimiser le projet (compétence)	Optimiser le produit
Exemple [Jouineau, 1995]	Value Management	Analyse de la valeur	Analyse Fonctionnelle

Tableau 10 : positionnement relatif des notions de méthodes et concepts d'après Vadcard [106]

Nous cherchons au travers des deux questions précédentes à déterminer :

- ce qui constitue les forces et faiblesses des méthodes et outils employés dans les projets de réorganisations des processus,
- les apports éventuels que peuvent fournir ceux plus spécifiques de conception de produits.

Mais les problèmes évoqués dans le chapitre 1 démontrent que nous ne pouvons pas ne pas nous interroger également sur les méthodes de management appliquées dans les entreprises. Nous avons vu que les arguments avancés pour expliquer les échecs des projets de réorganisations recouvrent pour partie la non-application des recommandations issues des recherches sur l'apprentissage organisationnel.

La troisième question à laquelle nous devons nous efforcer de répondre est donc la suivante :

En matière d'apprentissage organisationnel, au-delà des concepts avancés par les chercheurs, quels sont les moyens dont disposent les dirigeants d'entreprises pour les appliquer concrètement dans leurs organisations ?

Chapitre 2 - Problématique

2.1. Les dysfonctionnements

Améliorer la cohérence des processus requiert de comprendre dans un premier temps comment et pourquoi des dysfonctionnements y sont initiés. L'activation des processus repose sur les interactions de leurs composants. Les caractéristiques statiques et dynamiques de ces composants conditionnent, en partie, l'efficacité de la valeur créée. Ces caractéristiques dépendent des choix effectués lors des phases de :

- *recherche de concepts,*
- *de pré-architecture*
- *de pré-dimensionnement.*

Mais également des choix qui sont effectués en temps réel pour répondre à :

- *un oubli de pré-définition,*
- *un changement de contexte ou une erreur de définition du besoin lors de la conception,*
- *un non-respect des consignes.*

Dans la partie suivante, après avoir défini les natures et compositions des processus auxquels nous nous intéressons, nous précisons les natures et causes de ces dysfonctionnements.

2.1.1. Les processus

Modéliser les organisations, au travers des processus qui les constituent, trouve son origine dans l'approche systémique. L'objectif de ce chapitre n'est pas de redéfinir les concepts sous tendus par cette approche. Par contre, l'analyse des systèmes de production qu'elle propose permet d'exprimer les caractéristiques des processus dont le paramétrage et la coordination déterminent un fonctionnement efficient ou non de la firme.

La norme EN ISO 9004 (2000) propose une définition des conditions d'existence des processus :

« Pour qu'un organisme fonctionne de manière efficace et efficiente, il doit identifier et gérer de nombreuses activités corrélées. Toute activité utilisant des ressources et gérée de manière à permettre la transformation d'éléments d'entrée en éléments de sortie est considérée comme un processus. Souvent, l'élément de sortie d'un processus forme directement l'élément d'entrée du processus suivant. »

En d'autres termes, le processus est à voir, d'après cette norme, comme un ensemble d'activités liées qui transforment des éléments entrants en éléments sortants. A travers cette approche une première distinction apparaît entre les éléments statiques ou passifs d'une part (les ressources, les moyens), et dynamiques ou actifs d'autre part (les flux et les activités).

Périgord [83] donne, quant à lui, la définition suivante :

« Un processus est une succession de tâches réalisées à l'aide de moyens tels que le personnel, les équipements, le matériel, les informations, les procédures. Le résultat final escompté est un produit. Il présuppose des entrées mesurables, une valeur ajoutée, des sorties mesurables, la possibilité de réitération. »

Dans cette proposition, le processus doit donc être considéré comme un ensemble de tâches et d'activités concourant à un résultat donné. Il n'est pas un produit ou un service en tant que tel, ni une simple série d'actions, mais traduit une succession d'opérations. Ces opérations sont reliées entre elles au sein d'une chaîne dont les finalités devraient être connues et communes à tous. Partant de cette

définition, Cattani [17] propose de distinguer :

- Les processus fonctionnels, qui regroupent les tâches d'une seule fonction (passage des commandes, établissement des devis....)
- Les processus inter fonctionnels ou transversaux, qui combinent les tâches issues de plusieurs fonctions (traitement administratif d'une commande client, fabrication d'une commande...)

Puis, au sein de ces deux types de processus, il distingue quatre classes :

- processus unidimensionnels : à une entrée correspond une sortie ;
- processus multidimensionnels : à une seule sortie correspond plusieurs entrées provenant elles mêmes soit de processus unidimensionnels, soit de processus complexes (processus de type « assemblage ») ;
- processus complexes : nombre quelconque d'entrées et nombre quelconque de sorties (processus de gestion) ;
- processus artistiques, qui ne peuvent être formalisés car ils donnent naissance à un produit original, généralement unique, qui n'est conforme à aucune méthodologie.

Une seconde distinction est proposée entre:

- processus dont le produit est répétitif. Processus de type « production »
- processus dont le produit n'est pas répétitif mais qui utilise une méthodologie fixe. Processus de type « administratif ».
- processus dont le produit n'est pas répétitif et qui n'utilise aucune méthodologie fixe. Processus de type « artistique ».

Dans ces travaux de recherche, nous nous intéressons aux processus fonctionnels et transversaux complexes de types administratifs et de production. L'objet de ces travaux est de proposer des solutions qui améliorent l'efficacité de processus transversaux. L'objectif est de parvenir à ce résultat grâce à la détection et au traitement de dysfonctionnements au sein d'un ou de plusieurs des processus fonctionnels qui les composent.

2.1.2. Expressions et causes des dysfonctionnements au sein des processus

Notre objectif est d'accroître l'efficacité de la création et du contrôle de la valeur au sein des processus en résolvant les dysfonctionnements qui affaiblissent cette valeur. Notre domaine d'intervention est ciblé sur les petites et moyennes entreprises mettant en œuvre des fabrications de petites et moyennes séries. Le fonctionnement de ces organisations est structuré autour de processus transversaux qui relient des tâches effectuées par différentes fonctions. Chacune de ces fonctions met en œuvre des processus fonctionnels qui relient entre elles l'ensemble des tâches accomplies au sein d'un même service afin de permettre la transformation d'un élément entrant en élément sortant. Nous étudierons donc ces deux formes indissociables de processus. Ces deux types de processus sont complexes c'est-à-dire qu'ils sont les lieux d'un nombre quelconque d'entrées et de sorties. Les processus que nous considérons peuvent être aussi bien répétitifs que non répétitifs.

La mise en œuvre d'un processus est destinée à permettre l'obtention d'un produit/service ou encore suivant les finalités assignées au système étudié, d'une activité. Le processus mobilise un réseau de processeurs effectuant des tâches élémentaires sur ce produit [8]. Pour ce faire, il exploite des moyens ou ressources de natures techniques ou humaines (figure 9).

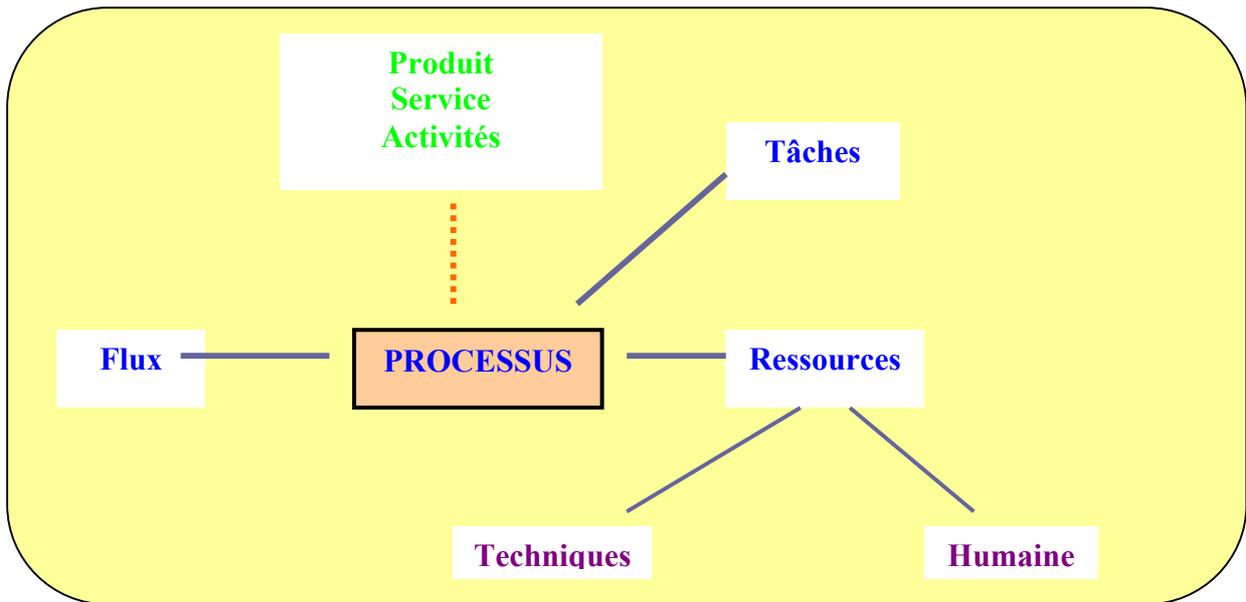


Figure 9 : Modèle conceptuel d'un processus

En nous référant à Lorino [60], nous pouvons définir que la tâche effectuée par un processeur (figure 10) :

- est réalisée par un individu ou un groupe,
- fait appel à un savoir-faire spécifique,
- requiert une stabilité des performances attendues (les mêmes facteurs influent positivement ou négativement sur sa performance),
- permet de fournir un élément sortant bien précis, matériel, ou immatériel, à un ou plusieurs clients identifiables en interne ou externe,
- est réalisée à partir d'un panier de ressources.

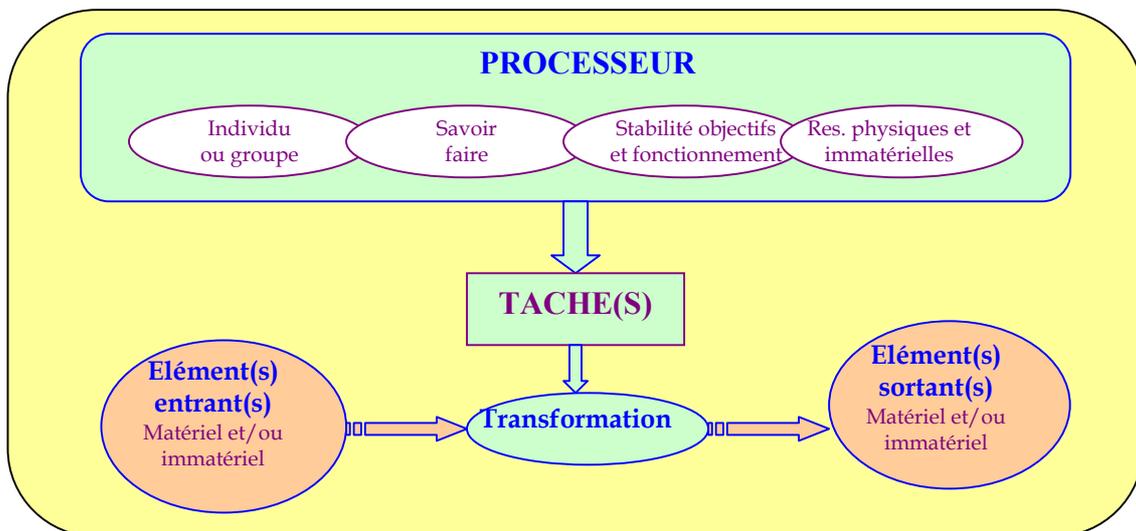


Figure 10 : Composants et rôles des processeurs d'après Lorino [60]

La notion de ressource par elle-même recouvre des sens et des capacités différentes suivant les auteurs. Un positionnement général consiste à définir comme ressource toute entité (composant physique, énergie...) nécessaire pour l'exécution d'une tâche [15]. Pour notre part, nous préférons, selon la définition de l'organisation du sous-chapitre 1.1.3, distinguer quatre natures de ressources :

- les acteurs,
- la connaissance et le savoir-faire,
- les préconisations d'exécutions et de contrôle,
- les ressources physiques et immatérielles.

Par ailleurs, modéliser un système complexe consiste à modéliser un système d'actions [61]. L'élément de base de la représentation systémique est la boîte noire ou unité élémentaire réalisant une action : le processeur. Le fonctionnement de ce processeur peut être expliqué au travers de la modélisation des systèmes proposée par Le Moigne [55].

Cette modélisation consiste à décomposer la boîte noire en trois sous-systèmes connectés (figure 11) :

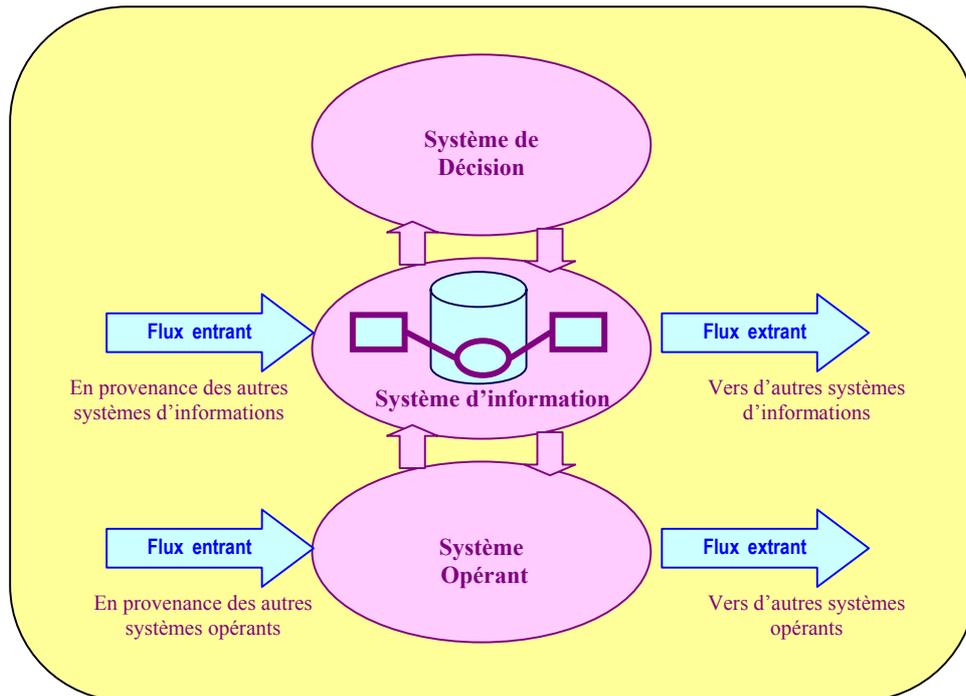


Figure 11 : Les sous-systèmes qui structurent un processeur (d'après Le Moigne [55])

- Un sous-système opérant, qui effectue les transformations sur la matière d'œuvre qui peut être matérielle (matière première, composants...) ou immatérielle (information, connaissances...) en exploitant les ressources requises pour chaque opération.
- Un sous-système d'information / mémorisation, de niveau n, qui regroupe les éléments nécessaires à l'élaboration des décisions.
- Un sous-système de décision, de niveau n, qui traite les informations pour la prise des décisions.

Cette décomposition s'applique également au niveau supérieur qui est celui du processus global. Dans ce cas, chaque processeur constitue un élément de base du sous-système opérant et les sous-systèmes d'information et de décision des niveaux (n+1) ont en charge la coordination de l'ensemble.

De plus, les processeurs, comme les produits qui les traversent, ont une existence tri-dimensionnelle :

- l'espace
- le temps
- la forme

Aussi les états de chaque élément entrant et sortant d'un processeur, et des ressources qui y sont

employées, sont définis par les valeurs qu'ils présentent suivant ces trois dimensions.

Les écarts entre les valeurs présentées par les éléments sortants et celles attendues sont synonymes de dysfonctionnements au sein du processus et permettent leur détection. En revanche, les causes de ces dysfonctionnements peuvent être dues :

- à la non-conformité des éléments entrants,
- aux caractéristiques ou mécanismes d'exploitation des ressources,
- aux interactions entre plusieurs processeurs.

Ceci nous amène à définir qu'un dysfonctionnement constaté sur un élément sortant peut avoir deux origines :

- les caractéristiques spatiales, temporelles et de formes d'un/des composant(s) du processeur :
 - individus,
 - connaissances,
 - ressources matérielles et immatérielles,
 - objectifs,
 - procédures exécutées
 - éléments entrants et sortants.
- les caractéristiques spatiales, temporelles et de formes d'un/des élément(s) entrant(s).

Nous retenons trois origines fondamentales pour expliquer ces anomalies :

- le dimensionnement des ressources ne permet pas de satisfaire le besoin au sein d'un processeur. Cette erreur peut provenir :
 - d'un pré-dimensionnement défaillant car le besoin à satisfaire a été mal défini ou
 - de la non-intégration de l'évolution de ce besoin.
- la conception séquentielle des différents processeurs ne permet pas d'assurer une optimisation globale lors du ragréage des solutions partielles. C'est le cas lorsque, par exemple, une ressource commune à plusieurs processeurs présente des caractéristiques ne pouvant satisfaire à toutes ses conditions d'emploi.
- des processus non issus de l'étude de conception existent. Une part de processus non préconçu doit exister pour permettre l'adaptation aux contraintes opératoires réelles et aux événements imprévus. Cependant si leur conception n'intègre pas les contraintes autres que celles de leur environnement proche, ils peuvent être sources d'erreurs.

Les dysfonctionnements que nous nous attacherons à résoudre au terme de ces travaux se manifestent par des caractéristiques demandées, et non atteintes, à des éléments issus de processus fonctionnels. Cet échec requiert d'identifier le(s) composant(s) et/ou élément(s) du flux du processus dont les caractéristiques ne peuvent permettre de satisfaire le besoin. Puisque cette entité, pourvue de caractéristiques non satisfaisantes a pu être intégrée dans la conception, il convient alors d'en identifier les raisons :

- *mauvaise définition globale du besoin dans l'agrégation : attente client, objectif de la direction, contraintes opératoires, lors de la définition du processus transversal,*
- *conception parcellaire et séquentielle des solutions prédéfinies et routinières sans homogénéisation et consolidation de l'ensemble, lors de la conception de processus fonctionnel,*
- *conception sans vision globale de pratiques opératoires.*

La résolution de dysfonctionnements de ce type demande :

- *d'identifier les différentes entités qui interviennent dans les processus considérés,*
- *de définir leurs caractéristiques,*
- *de clarifier à quel niveau la définition du besoin n'a pas permis de conduire une conception satisfaisante et d'énoncer ainsi la nouvelle nature de résultat à atteindre en reformulant ce besoin.*

2.1.3. Synthèse

Sur la base de cette analyse du fonctionnement et des manifestations des dysfonctionnements au sein des processus, nous identifions les différentes contraintes que doit respecter une méthode d'amélioration afin d'être efficace.

- L'identification d'un dysfonctionnement dépend de la détection d'un écart entre les caractéristiques portées par un élément entrant / sortant d'un processeur et celles attendues. Cela sous-tend la connaissance de cet état de l'élément entrant / sortant et la définition d'objectifs - donc la réalisation préalable d'une analyse du besoin. Or ce besoin est le plus souvent essentiellement défini de façon générale au niveau du processus fonctionnel et non de chaque processeur.
- L'expression du besoin devrait intégrer les contraintes de la direction, des gestionnaires des processus et les conditions opératoires réelles connues des seuls opérateurs.
- L'origine du dysfonctionnement peut être interne à un processeur ou le résultat d'une interaction de deux processeurs aux caractéristiques de fonctionnement incompatibles entre elles. De ce fait, les informations recherchées lors de la phase d'analyse du problème et les modélisations employées pour rechercher les causes des dysfonctionnements doivent permettre d'appréhender ces deux dimensions.

La compréhension du fonctionnement d'un processus et des causes de ses dysfonctionnements appelle donc à :

- une décomposition « organique/statique » de ce processus pour l'identification des composants et de leurs caractéristiques.
- une représentation « dynamique » de ses interactions
- une analyse rigoureuse du fonctionnement du système peut permettre de déterminer les caractéristiques formelles d'états de certains composants des processeurs (figure 12) : ressources matérielles, informationnelles... en revanche la caractérisation des individus (culture, degré d'implication dans le travail...) sont difficilement appréhendables. De même, rien ne peut garantir que les actions, décisions, opérations non formalisées effectuées au sein de chaque processeur peuvent être réellement identifiées par enquête. Nous en concluons que l'analyse des causes ne peut être menée sans une confrontation directe entre les acteurs.
- La pertinence des solutions doit être validée. Ces solutions vont entraîner des modifications des ressources se répercutant sur un ou plusieurs sous-systèmes (décisionnel, informationnel, opérationnel) d'un ou plusieurs processeurs. Afin d'assurer la cohérence de ces solutions avec les pratiques et contraintes réelles, les acteurs du processus doivent donc à nouveau prendre part à cette élaboration et construction des solutions.

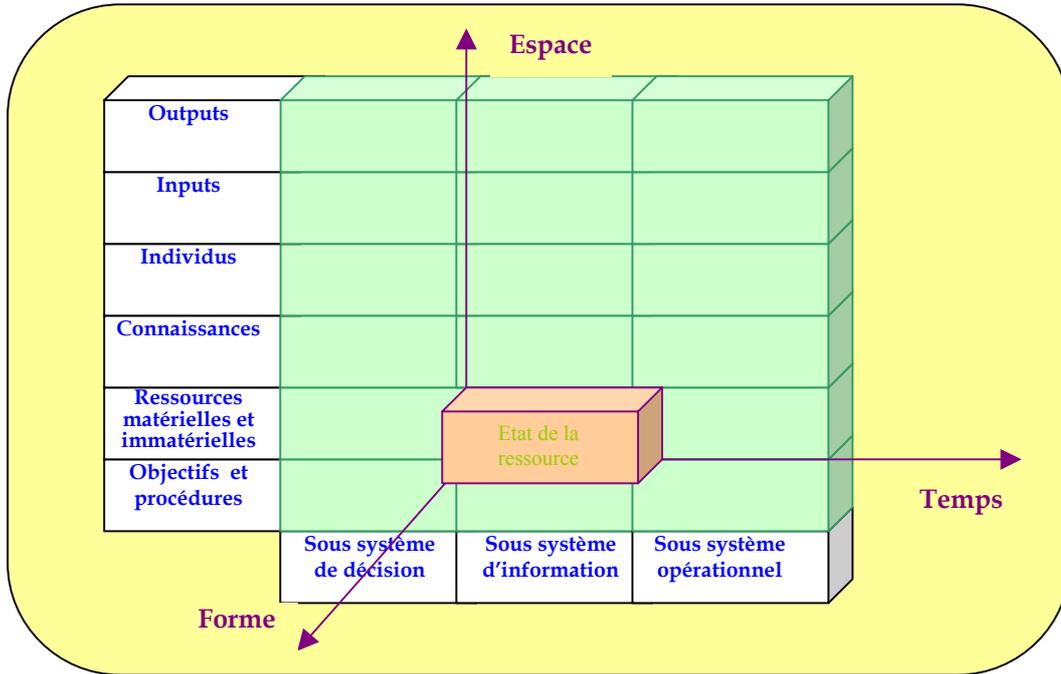


Figure 12 : Critères à prendre en compte par l'organisation pour coordonner les actions intra et inter processeurs

2.2. La structure générique d'une méthode d'amélioration

2.2.1. De la conception de produit à la reconception de processus

Nous avons montré que les dysfonctionnements présents au sein des processus peuvent, notamment, avoir pour origine des erreurs de conception, ou un retard à la mise en œuvre d'une reconception d'un processus. Toute méthode destinée à améliorer la cohérence des processus doit donc, non seulement faciliter la détection de ces erreurs mais également aider à la reconception et éventuellement à l'innovation. L'acte d'innovation est essentiellement évoqué lors de la création et du développement de nouveaux produits. Cependant, comme le rappelle Tomala [105], il existe différents domaines d'innovation qui s'appuient sur des connaissances, savoir-faire, techniques spécifiques pour satisfaire des besoins :

- techniques (produit - process),
- commerciaux (nouveau mode de diffusion),
- organisationnels (nouveau mode organisationnel),
- socio-constitutionnels (normes).

Par ailleurs, la littérature scientifique entretient une certaine confusion autour des termes : innovation, conception et invention. Sur la base des travaux de Freeman¹³ et de Kline & Rosenberg¹⁴, Perrin [85] propose de positionner l'invention comme l'utilisation des connaissances scientifiques et techniques pour réaliser une nouvelle idée (figure 13).

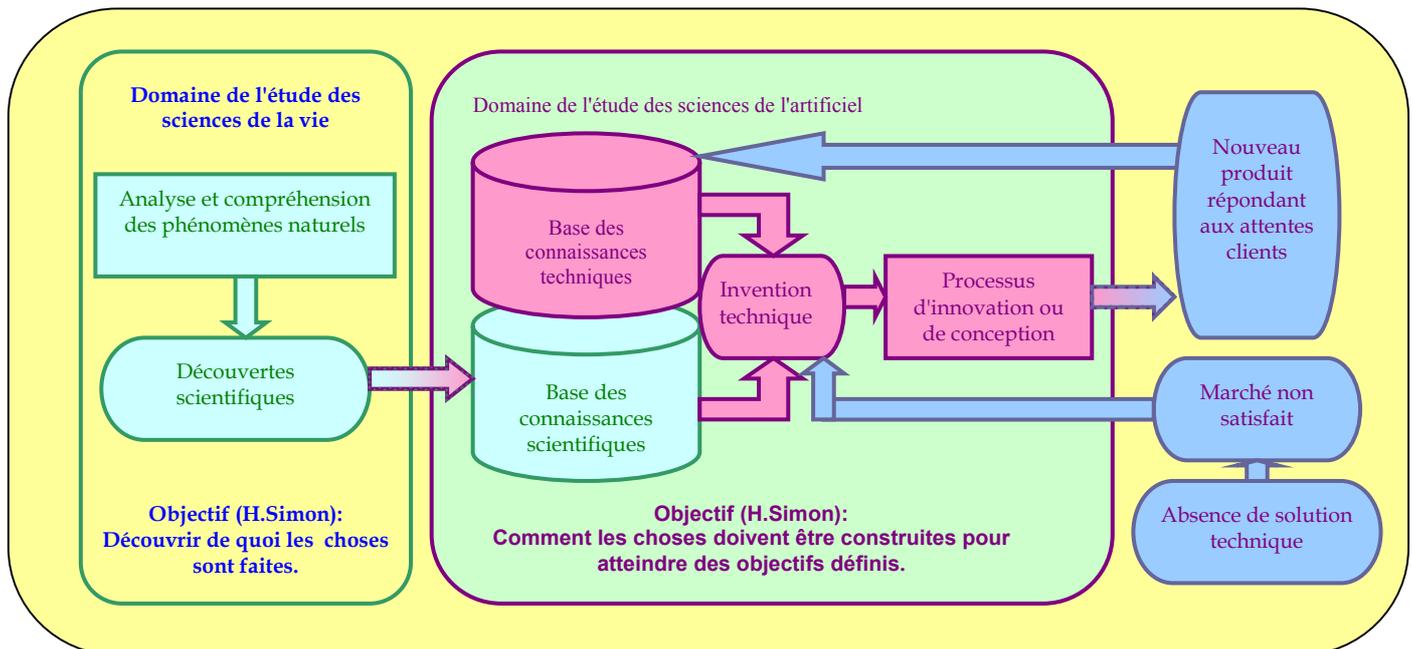


Figure 13 : Les positions relatives de la découverte scientifique, de l'invention technique et de l'innovation en réponse à un besoin du marché (adapté de Perrin [85])

Dans cette approche, la découverte relève de l'observation des phénomènes naturels tandis que l'invention est rendue possible grâce à l'existence conjointe de connaissances scientifiques et techniques. En revanche, les termes « *innovation* » et « *conception* » recouvrent un sens similaire. Ils désignent, tous deux, le processus employé pour permettre le *déploiement d'une invention sous*

¹³ FREEMAN C.1982. The economics of industrial Innovation, London, Francis Pinter Publisher

¹⁴ KLINE & ROSENBERG .1986. An overview of innovation, in Landau R. et Rosenberg N. The positive sum, Washington, National Academy Press.

forme de solutions industriellement réalisables et en vue de répondre à un besoin authentifié du marché.

Ce modèle est parfaitement adapté au paradigme de l'évolution des organisations industrielles.

Ainsi, les études menées par les sociologues et psychologues sur les systèmes sociaux, et les comportements individuels et de groupes, permettent d'enrichir les connaissances scientifiques propres aux sciences humaines. La combinaison des connaissances techniques (évolution des matériels informatiques, des moyens de transport...) et de cette évolution des connaissances scientifiques s'exprime au travers de l' "invention" de nouveaux concepts. Ces concepts se manifestent sous formes de :

- nouvelles méthodes de gestion
- nouveaux moyens de coordination et/ou de supervision des différents systèmes constituant l'organisation
- ...

Ainsi, au cours des vingt dernières années, l'évolution des connaissances scientifiques a permis d'inventer des concepts d'outils tels que ceux :

- du juste à temps,
- de la logistique globale
- ...

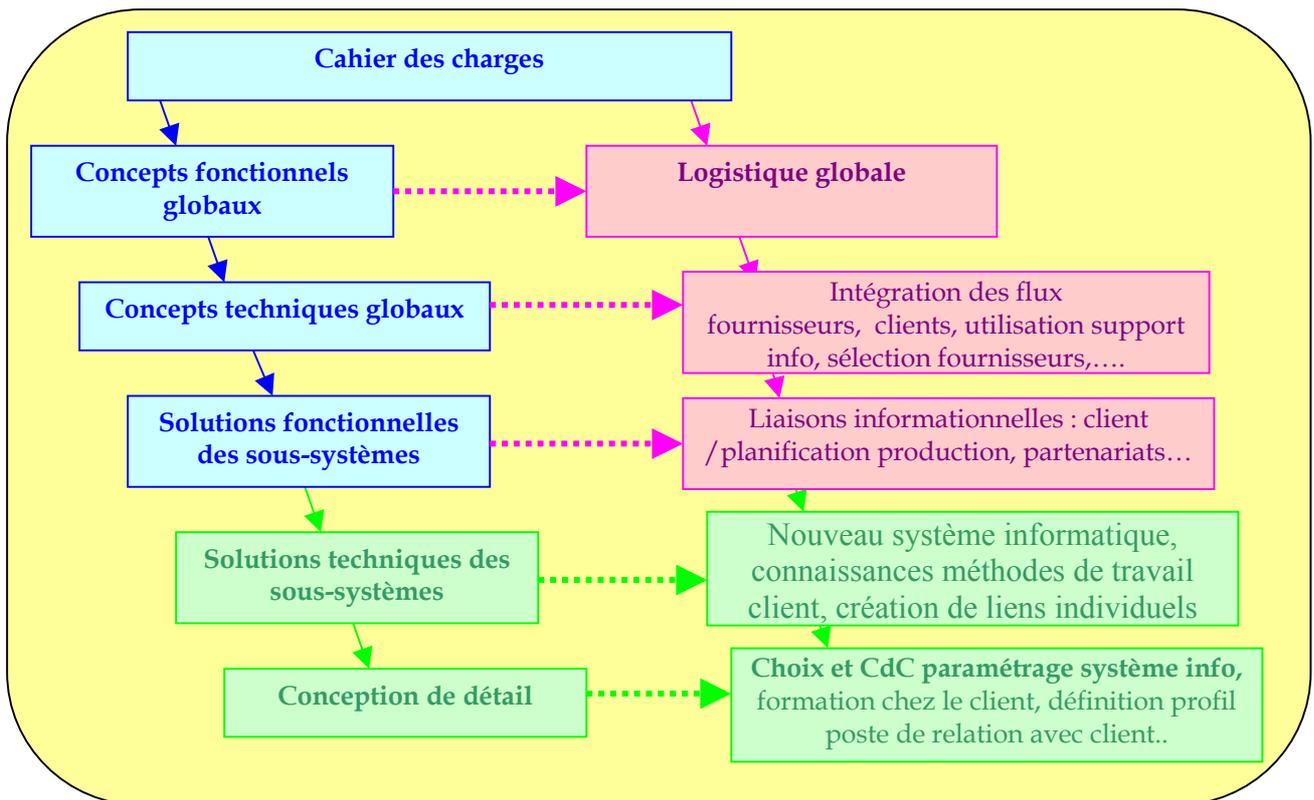


Figure 14 : Exemple de représentation de la partie descendante du cycle en « V » appliquée à la conception de processus.

En revanche, les modes d'application de ces concepts, leur intégration dans une organisation existante relèvent d'un processus de conception. Le parallèle entre conception de produit et de processus peut être poursuivi en menant cette analyse avec le support du modèle de cycle en « V » (figure 14) employé en conception de produits.

Ainsi, lors de la conception des organisations, la première partie du cycle, celle de la définition fonctionnelle, relève des choix stratégiques des directions. L'analyse du contexte qui précède ce choix stratégique peut être rapprochée de l'analyse marketing propre au produit. Les décisions qui en découlent prennent la forme de choix de concepts de gestion : la durée du cycle de production, le délai accepté par le client, les technicités et outils de productions employés, les volumes de commandes à atteindre...sont autant de facteurs qui vont décider de la typologie de système de production à exploiter, des caractéristiques générales des ressources à employer.... Cette phase ne requiert pas d'innover. Elle est destinée à sélectionner les concepts - « les inventions » - permettant de répondre au cahier des charges fixé par l'analyse du contexte. En revanche, les solutions structurelles et physiques qui sont ensuite adoptées pour mettre en place cette typologie ouvre un champ d'autant plus large à l'innovation que l'on se rapproche de l'élaboration des solutions physiques. Dans le modèle du cycle en « V », l'élaboration de ces solutions physiques est présentée selon un processus linéaire.

Cependant, cette apparente linéarité dans l'affinage de la solution masque un processus réel plus tâtonnant. Un système s'élabore, en partie, grâce à un affinage progressif de son cahier des charges. Or ce sont les versions successives des solutions qui permettent de détecter les contraintes non identifiées dans une première approche du problème et d'améliorer ainsi l'efficacité du système conçu. La construction de la solution finale est donc obtenue par l'analyse, de plus en plus fine, des problèmes posés par la juxtaposition des éléments réunis en phase de sélection des concepts. Cette première étape est menée avec pour objectif de réunir les fonctions de service attendues du système. La conception définit ensuite comment coordonner les différentes fonctions techniques et caractéristiques physiques des concepts de solutions partielles retenues. L'existence de ces problèmes de coordination entre les solutions partielles est renforcée par le comportement des concepteurs. En effet, l'analyse des processus cognitifs associés à la conception de produits [27, 107] a montré que les concepteurs émettent, dès la phase de définition fonctionnelle, des solutions physiques déjà connues par eux. Ces pratiques ne peuvent que donner lieu à la non prise en compte d'éléments du cahier des charges et aux problèmes issus par l'association des solutions partielles. Ces problèmes doivent donc être ensuite traités. Le phénomène est similaire en conception d'organisation dans lesquelles les grandes lignes sont définies par les experts selon les concepts choisis par la direction. Ce sont ensuite le plus souvent les responsables de processus fonctionnels qui proposent un mode d'application du concept dans leur service. La conception est donc parcellisée et formée d'association de composants : les processus fonctionnels.

En conséquence, nous considérons que la phase même du cycle de conception est constituée d'une succession de cycles de résolution de problèmes. Par ailleurs, il n'y a pas de différence entre ces « sous cycles » de conception, que sont ces processus de résolution de problèmes, et ceux employés en cas de « reconception ». En effet, l'origine du déclenchement du processus est la même : la détection d'un différentiel entre les fonctions de service, ou caractéristiques du système et celles requises par le cahier des charges. L'unique différence est que le besoin en reconception n'a pas obligatoirement pour origine une erreur dans la conception initiale. Cette évolution requise peut être due à une modification de la demande ou du contexte d'emploi du système. En revanche, l'affinage progressif des solutions n'occupe pas une place similaire de celle existant pour les produits. En effet, il est difficile, de par la nature complexe des systèmes organisationnels, d'identifier les incohérences entre les solutions partielles. Le rôle du temps est souvent déterminant dans la mise en évidence de ces incohérences. Les difficultés spécifiques que posent ces systèmes sont qu'ils ne sont pas « prototypables ». C'est-à-dire que si les conditions réelles de test ne sont pas totalement celles d'usage les résultats obtenus sont toujours discutables : l'effet bénéfique d'une zone d'atelier fonctionnant en îlots n'est pas le garant que le résultat soit similaire si tout l'atelier est ainsi transformé. La simulation virtuelle (usine numérique) requiert des simplifications notamment vis-à-vis :

- des réactions aux événements non prévus,
- de l'hétérogénéité des compétences,
- de la complexité réelle des flux traités,
- ...

qui ne permettent pas d'assurer complètement la représentativité des résultats.

De ce fait, la mise en œuvre de nouvelles solutions requiert toujours une implication forte de la direction, car le « risque » porté par ces solutions ne peut jamais être négligeable. Par la suite, le contrôle des résultats et indicateurs permet la détection d'éventuelles incohérences. C'est alors la conduite de projets d'amélioration, basés sur une méthodologie de résolution de problèmes, qui peut permettre le solutionnement de ces dysfonctionnements.

En conséquence, nous nous référons aux structures et objectifs des méthodes de résolution de problème pour définir les critères d'analyse des méthodes et outils employés en conception et reconception de systèmes.

Sur la base de ces différentes réflexions, nous proposons de définir une méthode générique d'amélioration des systèmes structurée selon cinq étapes [10]. Ces différentes étapes schématisées dans la figure 15, appellent à différents commentaires.

1 : Identification et traduction du besoin
2 : Formulation du problème
3 : Recherche créative de concepts de solutions
4 : Sélection des solutions
5 : Implémentation

Figure 15 : Notre proposition de séquençement d'une méthode générique d'amélioration des systèmes

- Absence d'une phase de planification de projet

La méthode envisagée ici est une méthode « technique ». Comme toute méthode susceptible d'être menée comme un projet, elle fait appel, dans sa mise en œuvre, aux techniques et pratiques de la gestion de projet. Cependant, toute organisation, entreprise est aujourd'hui dotée de ses propres pratiques en la matière et l'objet de notre travail est éloigné de ces aspects. Aussi tout en confirmant l'importance que nous accordons à cet aspect des projets, nous n'en tiendrons pas compte ici.

- La phase d'identification et de traduction du besoin

Quelle que soit la nature du système à améliorer un projet ne peut pas être initié sans que cette phase ait été menée. Les interlocuteurs et sources interrogés pour définir les natures et caractéristiques de ces besoins varient mais ils servent, dans tous les cas, à l'établissement du cahier des charges. Cette phase doit permettre l'identification des objectifs à atteindre et leur signification en terme de fonctionnalités à fournir par le système. Ces informations qualitatives et/ou quantitatives permettent également la définition de critères d'évaluations pour les solutions conçues.

- La phase de formulation du problème

Cette phase nous semble essentielle. Toute conduite de projet d'amélioration, reconception ou résolution de problème démontre qu'entre le problème formulé à l'origine, et celui finalement traité, il existe un écart. Les raisons justifiant de cet écart ont été éclaircies par les explications fournies par Noël [76] (voir section 2.2.2). La prise en compte de ce phénomène nous paraît primordiale car cette formulation, correspondant en réalité à une reformulation, appelle à une validation de l'évolution à donner au cahier des charges. D'autre part, cette formulation induit, dans certain cas, l'émergence directe de la ou des solutions. Dans une telle situation une décision doit être prise par les responsables de l'entreprise pour déterminer si la(es) solution(s) émise(s) sont ou non satisfaisantes.

- Non-modification de la phase de recherche créative

Cette étape est requise lorsque l'analyse du problème n'a pas permis d'aboutir directement à son solutionnement. En revanche, nous nous appuyons sur ce qui précède pour avancer que :

- Le choix des outils d'analyse doit être notamment guidé par l'aide qu'ils fournissent pour démultiplier les points de vue des concepteurs sur le problème étudié. Un tel résultat ne pouvant qu'accroître la probabilité d'identifier directement des solutions.
- Les outils de créativité qui peuvent être employés dans cette étape 3 doivent alors posséder des propriétés qui permettent d'effectuer le saut qualitatif évoqué par Noël.

Ces commentaires sous-tendent l'existence de types d'innovation de natures différentes.

Dans un contexte de projets de conception de produits innovants, Longueville [58] définit, sur la base des travaux de Kota & Ward¹⁵ et de Chandrasekaran, deux natures d'innovation :

"L'innovation incrémentale, qui fait évoluer des concepts établis qui s'organisent au sein des phases de conception routinière,

L'innovation en rupture, dont l'objet est la conception de nouveaux produits, par l'apport de nouvelles fonctions ou par l'apport de nouvelles technologies dont le cadre est la conception innovatrice ou créative."

Nous associons cette étape à la recherche de concepts de solutions pouvant relever aussi bien de l'innovation incrémentale que de rupture. En revanche, nous rappelons que ces solutions ne peuvent concerner que des problèmes identifiés au niveau structural ou physique du système.

- Les implications et limites de la phase de choix des solutions

Cette étape est destinée à évaluer les différentes solutions partielles identifiées. Elle permet d'apprécier leurs apports respectifs vis-à-vis du contexte du système, des solutions préexistantes, du cahier des charges établi en phase 1. Le choix des solutions finalement retenues est dépendant des critères du cahier des charges. Cependant, à ce stade, le degré de définition de la solution globale retenue est insuffisant pour être évalué grâce à des indicateurs physiques. L'outil d'évaluation des solutions doit tenir compte de cette difficulté.

- L'implémentation comme phase de transfert vers la construction détaillée

En accord avec le paragraphe précédent, la phase nommée implémentation ne qualifie pas ici un travail de construction physique et d'intégration de la solution. L'implémentation désigne ici la transmission du projet aux constructeurs de la solution. En effet, quel que soit le domaine d'appartenance du système étudié, la phase de construction physique des solutions relève du travail et des compétences des spécialistes du sujet.

Ce dernier point est particulièrement important car il définit l'une des limites de nos travaux. La synthèse des différents commentaires présentés ci-dessus contribue à positionner ces travaux comme une contribution méthodologique destinée à faciliter une sous partie d'un cycle plus global de conception. Cette méthode doit, en fait, permettre de prendre en charge la part du cycle destinée à l'analyse et la résolution du problème à traiter dans un projet de conception.

Le cycle de conception ou de reconception d'un système se déroule par succession de phases de résolution de problèmes définis à des niveaux variables du système étudié. Ces dysfonctionnements, exprimés en termes de caractéristiques ou de fonctionnalités non atteintes, demandent pour être levés la mise en œuvre de méthode de résolution de problème. La structure et les concepts de cette méthode sont applicables quels que soient :

¹⁵ KOTA S., WARD.A.C., Functions, structures and constraints in conceptual design, Ed. A.C. Ward, University of Michigan.

- *le domaine d'appartenance du système étudié (technologique ou organisationnel).*
- *la phase de vie du système (problème apparaissant lors de la conception initiale ou demandant une reconception)*

La structure de cette méthode de résolution de problème constitue une grille d'analyse de la pertinence des méthodes et outils employés tant en conception/reconception de produits qu'en reconception d'organisations.

2.2.2. Les étapes constitutives d'une méthode de résolution de problème (MRP)

L'observation des pratiques tant des industriels que des consultants en organisations montre que sous l'appellation générique de MRP chacun développe sa propre méthode et emploie une sélection d'outils qui lui est propre. Les phases d'analyse et de formulation donnent lieu à une grande diversité d'usage d'outils. De ce fait, les méthodes peuvent comporter de 4 à 6 phases. Nous avons choisi de nous appuyer sur les propositions de Maders [62] et Chauvel [22] pour mener l'analyse des pratiques employées dans ce type de projets.

Nous retiendrons ici le séquençement en 5 étapes proposé par Dupont & Verven [39] :

- Identification du problème
- Formulation du problème
- Recherche de solutions
- Sélection des solutions
- Implémentation

➤ **Identification du problème**

Nous avons établi que l'existence d'un problème au sein d'un système est identifiée par la détection d'un décalage entre un résultat attendu et le résultat atteint. Le système considéré ici peut aussi bien être un produit, un procédé ou un processus.

- Origine de la détection

La détection du décalage peut être le résultat d'un contrôle systématique :

- indicateurs de contrôle,
- audits internes,
- projets AV/AMDEC,
- enquêtes clients,

ou résulter d'une alerte fabricant ou clients - intermédiaires ou finaux (figure 16).

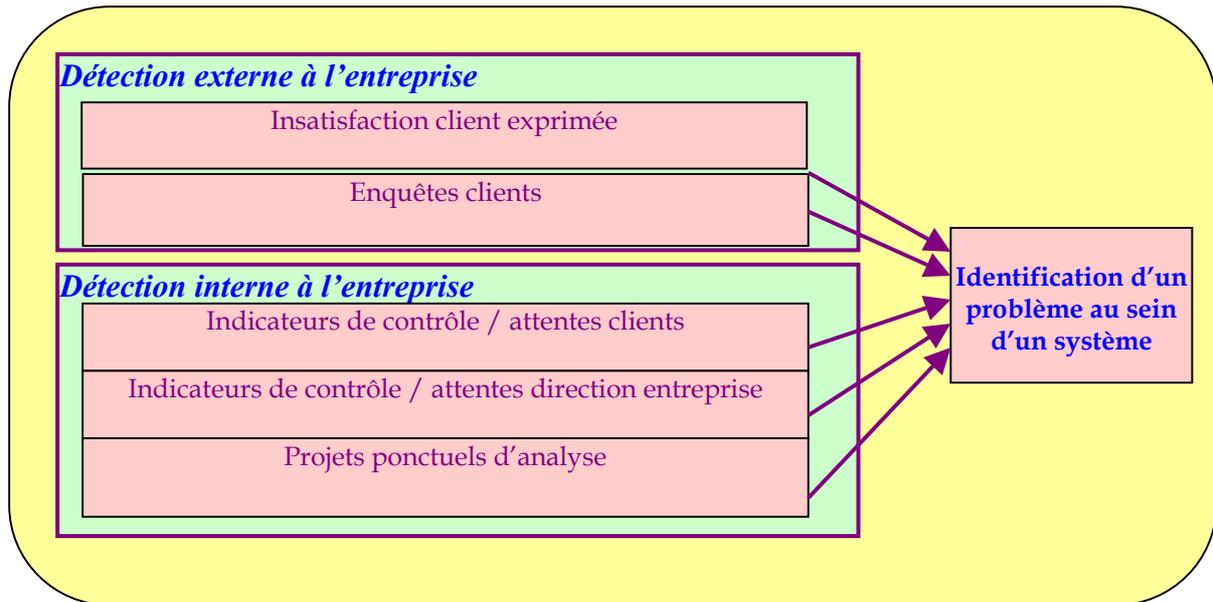


Figure 16 : Différentes sources d'identification d'un problème

Dans tous les cas, la détection d'un dysfonctionnement requiert :

- l'existence de circuits d'informations permettant la remontée de données
- l'usage de méthodes et outils organisant le processus cognitif de transformation de ces données en informations.
 - Qualification du problème

Dans un premier temps, l'appréciation de ce décalage peut être de nature :

- qualitative,
- quantitative,

et établie au niveau :

- d'une fonction de service,
- d'une fonction technique,
- d'une caractéristique du système.

C'est lors de l'étape d'analyse du problème, que seront établis les liens entre les différents niveaux du système (figure 17) permettant de remonter aux causes réelles du dysfonctionnement. En revanche, prépositionner le problème permet d'appréhender l'ampleur du projet et de définir le champ d'analyse à explorer. En effet, dès ce stade, la question de ce qui peut et ne peut pas être l'objet de modifications dans le système étudié et dans son environnement, doit être définie. En d'autres termes, il est nécessaire, d'identifier jusqu'à quel niveau du système il est possible de proposer des modifications. Par exemple, dans le cas d'un processus, il faut pouvoir établir si le champ d'action se limite à un processeur ou s'il peut-être élargi aux mécanismes de gestion du processus. De même, pour un produit, il doit être défini si seul un sous-ensemble peut-être modifié ou si le concept technologique sur lequel repose l'obtention de la fonction principale peut être remis en cause.

Cette étape d'identification du problème doit donc permettre de nommer le problème et d'indiquer les phénomènes qui caractérisent son existence. Elle doit également conduire à définir le besoin et à établir les cahiers des charges du projet et des solutions à élaborer.

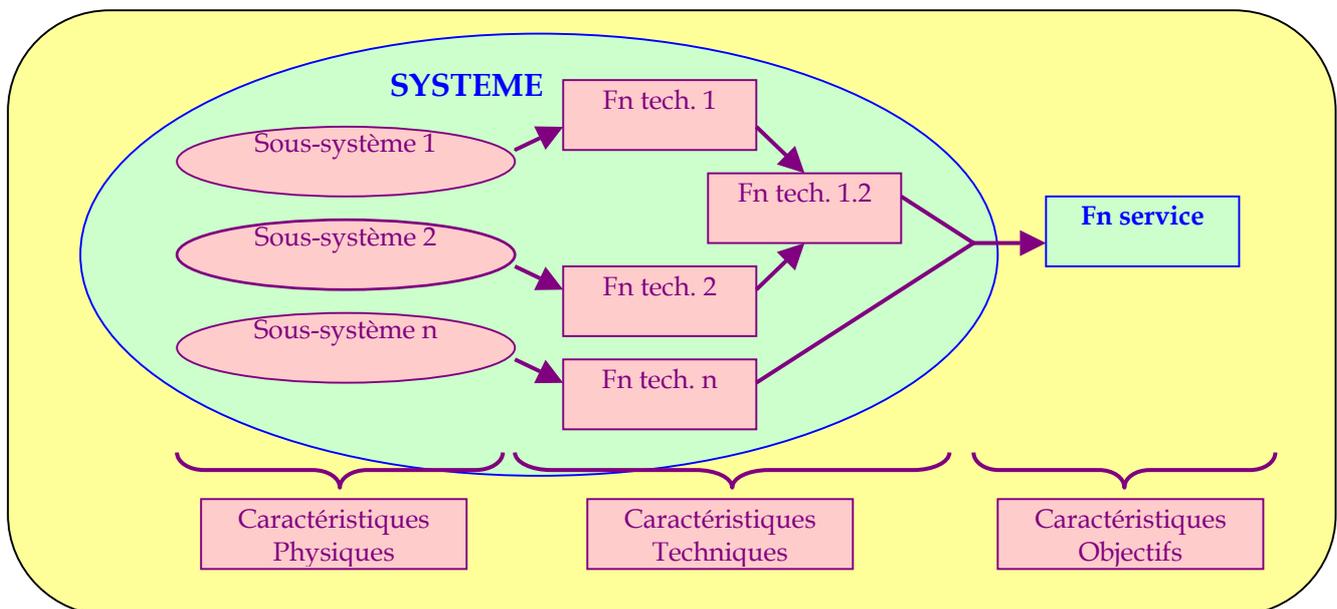


Figure 17 : Différents niveaux de décomposition du système et natures des caractéristiques mettant en évidence un décalage entre les performances souhaitées et celles atteintes

➤ **Formulation du problème**

De nombreux problèmes identifiés au cours de la première étape sont directement résolus grâce aux connaissances et expériences des personnes ayant en charge leur traitement [102]. Cependant, une partie d'entre eux ne peut être traitée ainsi. Cette situation peut avoir différentes origines :

- Aucune solution n'apparaît car les causes réelles du problème n'ont pas été identifiées.
- Le niveau du système auquel est étudié le problème n'est pas le plus pertinent pour y apporter une réponse.
- Il n'existe pas en réalité un problème, mais un faisceau de problèmes qui doivent être identifiés et hiérarchisés et résolus de manière synthétique.
- Le système, objet de l'étude, est un système complexe et l'amélioration de la situation demande à ce que les interactions qui entrent en jeu pour provoquer le dysfonctionnement soient mises en évidence avant toute recherche de solutions.

L'objectif de cette phase d'analyse est donc de rassembler des informations et des données sur les phénomènes, et/ ou processus, en cause. L'étape d'analyse du problème relève de l'induction. Elle conduit à pénétrer dans le problème, à en identifier les composantes et à établir les liens de causalités qui les relient (figure 17). Cet exercice génère un accroissement de la complexité. En ce sens l'analyse est auto-limitative car au-delà d'un certain stade, il devient impossible de prendre en compte la totalité des boucles d'actions qui interviennent dans le problème.

L'analyse suppose un existant et ne peut constituer le support à la génération d'un autre existant [76]. Au cours de cette phase, des solutions apparaissent naturellement. Si aucune d'entre elles ne satisfait au cahier des charges assigné la troisième phase de la démarche générale est engagée.

Pour la conduite de cette étape, deux cas de figures sont donc à considérer. Celui des systèmes « compliqués » et celui des systèmes « complexes ». Traditionnellement, les problèmes afférents à des systèmes technologiques sont considérés comme des problèmes du premier type. En revanche, ceux relevant des organisations sont classés dans la seconde catégorie.

Un système complexe se caractérise par un ensemble d'éléments inséparablement associés en interaction dynamique [73]. Une représentation figée de son état est donc déjà une réduction de sa complexité. Toute recherche de simplification afin d'en mener une analyse rapide et simple conduit à des résultats partiels dont la pertinence est soumise à questionnement [66]. Seule la prise en compte de cette complexité avant toute démarche d'analyse peut ensuite autoriser de passer du complexe à ses éléments et processus élémentaires [Lubrics¹⁶].

Selon De la Ville [31], la complexité est attribuable à :

- une grande diversité de composants possédant des fonctions spécialisées,
- des éléments organisés en niveaux hiérarchiques internes
- en interactions non- linéaires
- difficultés, voire impossibilités de dénombrer de façon exhaustive tous les éléments qui constituent un système,
- grande variété des liaisons possibles.

En conclusion, dans les situations envisagées, systèmes compliqués et systèmes complexes, les résultats « formels » résultants de cette étape doivent avoir des formes relativement proches. Les causes du problème sont à définir sous forme de relations causales qui permettent d'établir les liens entre les dysfonctionnements identifiés et les caractéristiques du système en cause. En revanche, la démarche mise en œuvre et les outils employés pour la mener doivent tenir compte des différences fondamentales qui les séparent. Dans le cas des systèmes complexes, en l'occurrence ceux relevant des problèmes organisationnels, ils doivent permettre, en premier lieu, de mettre en évidence cette complexité. Par ailleurs, les pratiques employées doivent également intégrer l'éphémérité d'un modèle figé de représentation de leur fonctionnement.

Nous retenons donc que les outils et méthodes employés dans cette étape doivent répondre aux caractéristiques suivantes :

- *Pour les problèmes de nature complexe :*
 - *Proposer des outils de modélisation permettant d'appréhender la complexité des systèmes étudiés.*
 - *Utiliser des moyens de recherche d'informations qui conduisent à appréhender le « dernier » état de fonctionnement du système étudié (afin de limiter le décalage entre le fonctionnement du système modélisé et celui réellement exploité).*
- *Pour toutes les natures de problèmes :*
 - *Offrir un support à la conduite de l'analyse débouchant sur l'établissement d'une représentation causale du dysfonctionnement qui permet de cheminer des caractéristiques des sous-systèmes en cause aux fonctions de service impactées.*

➤ **Recherche de solutions**

Cette étape est à initier lorsque les phases précédentes n'ont pas naturellement permis l'émergence de solutions satisfaisantes. Identifier des concepts de solutions demande alors, de la part du concepteur, de faire preuve de créativité. La créativité peut se définir comme la capacité à apporter la bonne solution au bon moment, avec une dimension novatrice, originale. Partant du problème reformulé, les concepteurs, doivent parvenir à déployer des processus cognitifs destinés à vaincre les barrières psychologiques induites par l'expérience, le savoir, la culture personnelle et d'entreprise [45, 2, 4]. En effet, si la phase d'analyse n'a pas suffi à identifier des solutions cela signifie qu'il est nécessaire d'élargir le domaine de recherche de solutions.

¹⁶ Lubrics cité dans « Introduction à la pensée complexe » d'Edgar Morin, ESF Editeur, 1990.

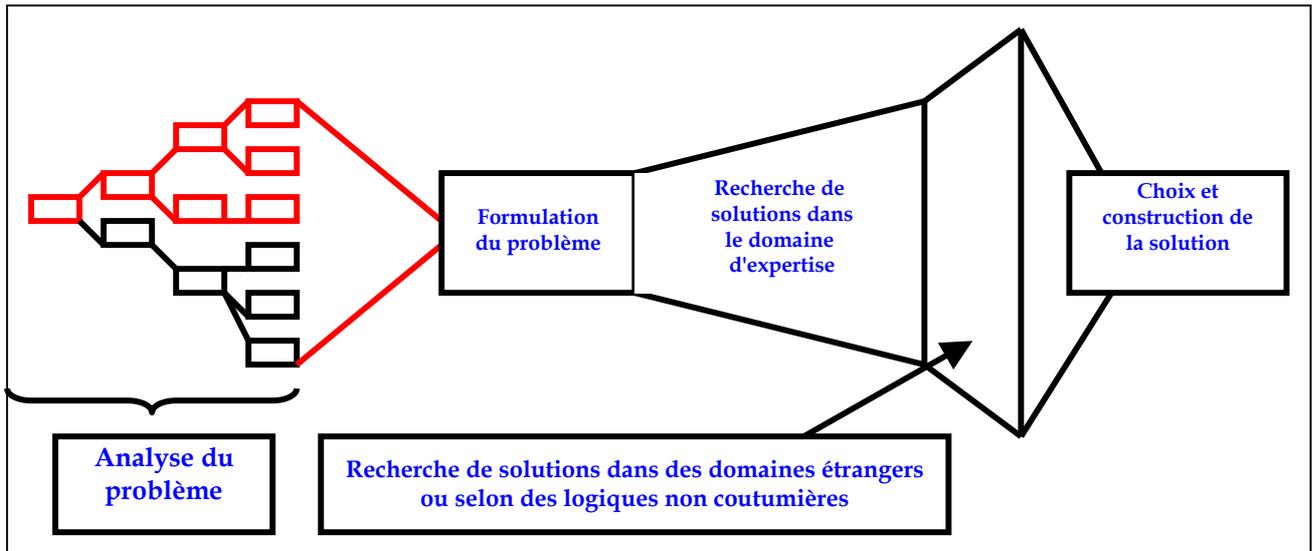


Figure 18 : Les places et caractéristiques de la créativité au sein d'un cycle de conception

En fait, lors de la phase créative, le cerveau met en œuvre un processus en deux temps. La première phase est dite divergente [29]. Elle consiste à ouvrir le champ des possibles, à couvrir un maximum de possibilités (figure 18). Les solutions imaginées appartiennent au domaine spécifique dans lequel se situe le problème abordé et font appel à des raisonnements "classiques". Les individus en phase de créativité doivent s'éloigner de ce système d'appartenance et à élargir le champ de recherche de solutions. Les capacités de chaque individu à réaliser un tel exercice sont variables. Les caractéristiques comportementales de chacun peuvent être rattachées à des activations préférentielles de certaines zones du cerveau [47] (figure 19).

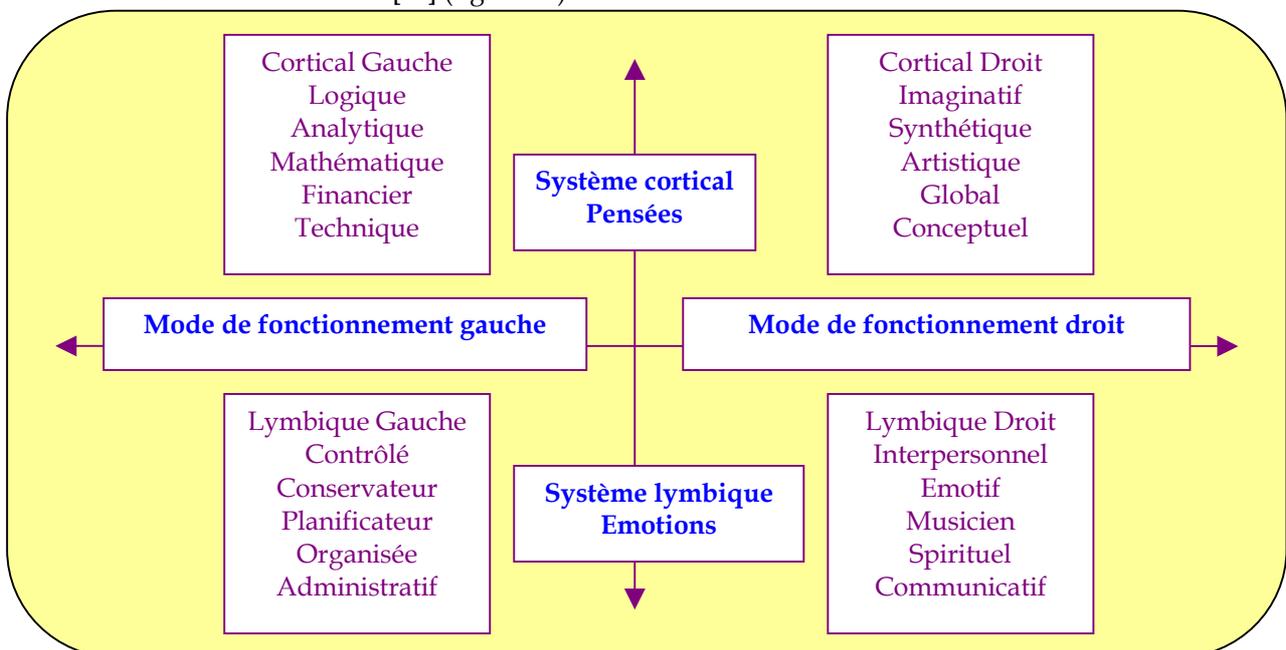


Figure 19 : Zones cervicales activées et caractéristiques comportementales d'après Herrmann [47]

Herrmann identifie trois modes d'usages individuels de ces différentes zones :

- préférence marquée (1) : utilisation spontanée et fréquente
- usage fonctionnel (2) : utilisation lorsque le besoin existe
- évitement (3) : quasi rejet.

Les tests effectués lui ont ainsi permis d'identifier 81 modèles théoriques de profil de personnalités. Par ailleurs, Wallas (cité par de Brabandère [29]) identifie quatre stades fondamentaux dans le processus de créativité :

- la préparation
- l'incubation
- l'illumination
- la vérification

Chacune de ces étapes entraîne l'activation d'une zone spécifique du cerveau (figure 20). Ainsi la recherche créative nécessite de faire appel à l'ensemble de ces caractéristiques qui ne peuvent être possédées par un seul individu. Par ailleurs, un seul individu ne peut appréhender l'ensemble des facettes d'un problème. Différentes perceptions doivent donc être confrontées initiant un changement de paradigme. Seule une équipe de travail a les capacités d'affronter les quatre étapes à la fois. Pour être totalement efficace, elle devrait être composée de personnalités aux caractéristiques comportementales complémentaires et la conduite des réunions de groupe devrait permettre de dépasser les inhibitions personnelles et celles induites par les phénomènes de groupe.

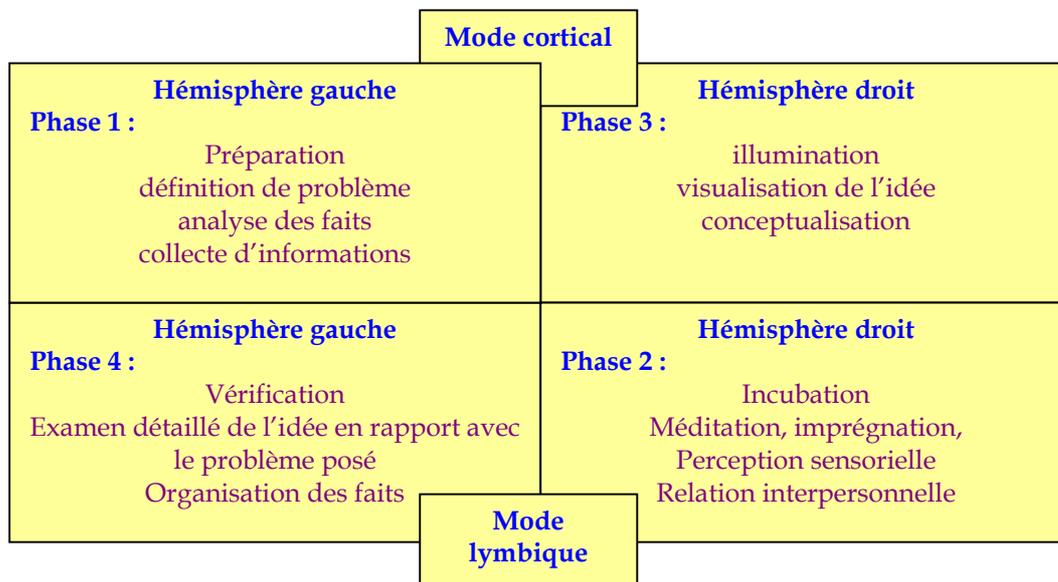


Figure 20 : Zones cervicales activées par chacune des étapes du processus créatif.

Afin de réunir, naturellement, l'ensemble de ces qualités, une des solutions envisageables serait d'avoir recours à des analyses de personnalités et de constituer des groupes de travail regroupant des personnalités complémentaires. Cette solution est difficilement concrétisable en milieu industriel et ne répond que partiellement au problème. En effet, l'élargissement du champ de recherche des solutions demeure, dans le meilleur des cas, limité aux connaissances associées de chacun des membres du groupe. Ce sont donc aux outils d'analyse et de créativité de compenser ces lacunes.

Le choix des outils de créativité à employer repose sur leur capacité à :

- évacuer les solutions déjà imaginées qui brident la créativité,
- démultiplier les points de vue de la représentation du problème,
- fournir un accès à des concepts de solutions inemployés habituellement dans le domaine spécifique au système étudié.

Cependant, ces fonctionnalités ne sont pas suffisantes. Pour une plus grande efficacité de cette étape, le travail créatif devrait être mené en groupe afin de faciliter les changements de

paradigmes. L'efficacité d'un tel procédé repose alors sur :

- *l'aide que peuvent fournir les outils de créativité pour rompre les inhibitions individuelles,*
- *les pratiques employées pour faciliter les échanges entre individus.*

➤ **Évaluation et choix des solutions**

L'évaluation d'une ou de plusieurs des solutions retenues ne peut être menée que si des critères qualitatifs et quantitatifs ont été préalablement définis.

A ce stade de la définition des solutions proposées, il est souvent impossible d'assurer avec précision les niveaux de performances que permettra d'atteindre l'ensemble du système. Seul son prototypage permettra d'assurer des éléments de réponses robustes à cette question.

Les difficultés inhérentes à la sélection des solutions relèvent du domaine de la prise de décision. Pour Pomerol [87] prendre une décision suppose :

- un état courant connu avec certitude
- que l'incertitude liée au futur peut être négligée.

Or dans la prise de décision, il faut :

- pouvoir prendre en compte l'avenir, donc tenter de prédéfinir les scénarii d'évolution du système étudié
- sortir d'un monde ordonné et intégrer les influences respectives de différents critères sur un même paramètre.

Les risques de prises de décision peuvent donc être limités si ces choix ne reposent pas sur un seul individu car :

- tout individu a ses préférences et ses non-préférences
- l'expérience humaine est assimilable à une préférence

Bien que l'objet de l'étude soit, à ce stade d'avancement du projet non quantitativement définissable il est important de s'affranchir, lors de cette étape, de choix personnels réducteurs. Pour cette raison, cette étape de choix devrait être menée en groupe et s'effectuer sur la base d'une analyse multicritères.

➤ **Mise en oeuvre**

La mise en oeuvre doit être considérée ici comme la réalisation d'un projet de maquettage du produit ou procédé. Les besoins auxquels doit répondre cette phase sont ceux propres à tout projet : définition, suivi et maîtrise d'un planning, d'un budget, des ressources humaines et matérielles dédiées à sa réalisation, des processus opérationnels et décisionnels qu'il nécessite, des indicateurs de suivi de sa réalisation et de ses résultats.

L'implémentation de la solution concerne également son acceptation et intégration par tous les acteurs de l'entreprise. Cette difficulté ne peut être prise en compte uniquement au terme du projet. Le succès du projet dépendra, au contraire, de l'implication des membres de l'entreprise dans son déroulement. De ce fait :

- les pratiques employées,
- les outils utilisés,
- les personnes impliquées,

- le mode d'établissement des solutions exploité,
- ...

sont autant de facteurs qui ne peuvent être laissés au hasard mais doivent être choisis afin de favoriser cette appropriation. Le succès dépendra de la cohérence des solutions proposées vis-à-vis des objectifs et des représentations de l'existant que possèdent respectivement :

- la direction
- l'encadrement intermédiaire
- les opérateurs

La méthode de projet déployée doit donc également favoriser l'intégration de ces différents points de vue, leur enrichissement mutuel et la convergence vers une vision commune des différents groupes sociaux.

La phase d'implémentation des solutions repose sur l'utilisation des outils classiques de déploiement de projets : définition des objectifs, délais, budgets, désignation des membres du groupe de projet, des critères d'évaluation des solutions... Mais elle nécessite également que l'adoption de ces solutions ait été préparée au travers des messages communiqués, des choix de personnes interrogées, intégrées dans les groupes de travail, par la prise en compte des différentes opinions et objectifs, bref dans toutes les actions qui constituent l'ensemble du projet. Ces séances explicatives contribuent à établir une plate forme de connaissances communes aux différents groupes fonctionnels et hiérarchiques concernés par les changements.

2.2.3. Synthèse

Sur la base des chapitres qui précèdent, nous établissons que les différentes étapes d'une méthode générique d'amélioration des systèmes devraient permettre de satisfaire les points stipulés dans le tableau 11 :

Étapes d'une méthode générique d'amélioration	Résultats à atteindre au terme de l'étape
Identification du problème	<ul style="list-style-type: none"> • problème nommé • phénomènes résultants de son existence identifiés • cahier des charges projet et solutions futures établis
Formulation du problème	<p>Cas des systèmes complexes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • modèles de l'existant permettant d'appréhender sa complexité • représentation la plus proche possible du dernier mode réel de fonctionnement <p>Cas général :</p> <ul style="list-style-type: none"> • identification du cheminement des causes du dysfonctionnement, de sa manifestation sur les fonctions de service du système, aux caractéristiques de ses composants • synthèse du besoin comportant les attentes de la direction et des clients et intégrant les conditions du contexte opérationnel
Recherche de solutions	<ul style="list-style-type: none"> • éliminer l'inertie psychologique (culture personnelle, entreprise, crainte du ridicule, faux savoir...) • faire s'exprimer les idées « naturelles » de chacun • démultiplier les points de vue de représentations du problème et de ses solutions • accéder à des concepts de solutions autres que ceux induits par l'expérience et le savoir
Sélection des solutions	<ul style="list-style-type: none"> • synthèse d'une analyse de groupe • résultat d'une analyse multicritères
Implémentation	<ul style="list-style-type: none"> • règles de gestion de projet • pratiques de lutte contre le refus du changement à développer tout au long du projet • favoriser une démarche d'apprentissage organisationnel au sein de l'entreprise

Tableau 11: Récapitulatif des résultats essentiels qu'une méthode générique doit permettre d'atteindre

L'étude effectuée par Hoffman [49] suffit à avancer que de nombreux projets industriels d'amélioration des processus ne répondent pas à l'ensemble de ces contraintes. Cependant, ces projets peuvent être menés sous diverses formes en s'appuyant sur différentes méthodes. Nous examinerons dans le chapitre 2.4 comment certaines d'entre elles permettent ou non de répondre à une partie de ces contraintes.

Afin de compléter les lacunes méthodologiques pressenties nous poursuivons cet état de l'art, dans le chapitre 2.5, par l'analyse des apports de méthodes et outils plus spécialement employés en conception de produits. Nous souhaitons compléter ainsi les forces et faiblesse respectives des approches spécifiques à chacun de ces domaines.

Enfin, les outils et méthodes demeurent des instruments dont la richesse d'usage final dépend des pratiques qui sont employées pour les utiliser. Aussi consacrons-nous le chapitre 2.6 aux résultats issus des travaux menés sur la gestion de groupe et les pratiques de management. Cette dernière partie doit nous permettre d'identifier les moyens à mettre en œuvre dans le déploiement de la méthode pour favoriser l'adhésion des membres de l'entreprise et le développement d'une culture d'apprentissage organisationnel.

2.3. Le traitement des dysfonctionnements au sein des processus industriels

2.3.1. Introduction

Le facteur humain et les carences des systèmes d'information sont présentés par de nombreux auteurs comme les principales causes d'échecs des projets d'amélioration des organisations [6, 49, 69, 92, 98]. Nous estimons que ces échecs sont également provoqués par l'utilisation de méthodes et outils de projet non adaptés au traitement des différents dysfonctionnements qu'ils devraient permettre de résoudre. Afin de vérifier cette hypothèse nous nous proposons d'étudier les principaux concepts, outils et pratiques qui soutiennent la mise en œuvre de différentes méthodes employées dans l'industrie pour mener ces projets.

Il est impossible ici de passer en revue la totalité des méthodes qui peuvent être exploitées dans ce contexte. Aussi, nous avons choisi de traiter de celles qui nous apparaissent comme :

- les plus couramment employées,
- représentatives d'une des diverses formes de projets qui par leurs actions concourent à améliorer l'efficacité des organisations.

Ce choix signifie que les méthodes présentées ne sont pas toujours exactement déployées dans le contexte d'étude que nous nous sommes défini : La résolution de dysfonctionnements par des projets initiés et gérés par l'encadrement intermédiaire.

Nous considérerons donc, dans cette partie, les types de projets suivants :

- Les projets de traitement des non-conformités.

Une non-conformité est un fait, une valeur qui témoigne du non-respect d'une exigence définie dans la spécification d'un produit, d'un service ou d'un processus [22]. Selon les normes internationales ISO 9000, les entreprises doivent prendre les mesures appropriées pour corriger cette situation, éviter leur réapparition et s'assurer des résultats obtenus par les actions engagées.

Cette typologie de problème, bien qu'initiale plus spécifiquement par les services qualité, s'inscrit donc parfaitement dans notre cadre d'étude.

- Les Méthodes de Résolution de Problèmes (dites MRP, à ne pas confondre avec les Manufacturing Requirement Planning)

Nous identifions sous cette appellation générique l'ensemble des méthodes déployées dans les entreprises pour résoudre les problèmes y émergeant. Notre propre expérience industrielle nous a permis de constater que de nombreuses sociétés ont développé leurs propres méthodes. Souvent le même cadre générique est employé tant pour traiter des problèmes très opérationnels (type : pénibilité à un poste de travail provoquant de nombreux arrêts de travail ou manque de fiabilité ou de productivité d'une machine...) que des problèmes plus globaux (type : Réduire les coûts de fonctionnement d'une unité, améliorer la qualité des prestations d'une unité, développer la cohésion sociale d'une unité, améliorer localement les performances d'un processus...). La difficulté d'étude dans ce cas relève justement de l'appropriation de ces méthodes par chaque société. Il en résulte qu'il est délicat de présenter l'étude d'une forme spécifique de ces projets comme une généralité. Cette difficulté est accentuée par le fait que ces méthodes, puisque industrielles, ne font pas l'objet de publications. Pour répondre à ce problème nous avons choisi celle proposée et exploitée par Maders [62]. Nous avons également pris soin de la considérer dans la forme la plus poussée sous laquelle elle peut être exploitée. En effet, l'importance du volume de travail, des données recherchées... sont très variables dans ce type de projet (ce qui s'explique par l'hétérogénéité des sujets pour lesquels elle est employée).

Cette typologie de projets s'inscrit, cette fois, parfaitement dans ceux qui appartiennent à notre domaine d'étude. Ils constituent de ce fait, le référentiel même par rapport auquel nous souhaitons positionner la démarche d'amélioration des systèmes que nous élaborons.

- Business Process Reengineering [8, 62]

Les projets d'analyse et d'amélioration des processus principaux résultent de décisions stratégiques de la direction générale [54]. Les méthodes employées pour les conduire relèvent essentiellement du Business Process Reengineering et aboutissent à des projets de conception des processus [28]. Les problèmes traités sont de natures différentes : qualité, économique et sécurité, amélioration de la fluidité des informations, de la prise de décision et des traitements. Nous avons spécifié que notre objectif ne concerne pas la conception de processus transversaux en rupture totale avec ceux qui étaient employés jusque là. Au contraire, il s'agit de rechercher l'amélioration de ceux existant. Cependant, notre intention est ici de déterminer si certaines des pratiques et outils employés dans ce type de projet peuvent répondre, pour partie, à notre objectif.

- Méthode GRAI

Différentes méthodes ont été développées afin d'intégrer l'approche systémique dans les méthodes de restructuration des organisations. L'ensemble de ces méthodes s'attache essentiellement à proposer des méthodes / outils d'analyse et de modélisation de l'existant. Cette forme de démarche s'accorde avec la pensée de Le Moigne [55] pour qui le modèle doit construire l'intelligibilité du système complexe. En conséquence, la phase de recherche de solution, d'élaboration d'un nouveau modèle est, le plus souvent, liée à la capacité créative du groupe et à son expérience.

Pierreval [86] propose une vision synthétique des caractéristiques particulières des méthodes les plus fréquemment employées pour effectuer cette modélisation (tableau 12). Cette évaluation prend en compte leur potentiel pour le traitement respectif des :

- systèmes d'information
- systèmes de décision
- systèmes physiques

Mais il prend également en compte la position du cycle de vie du projet dans lequel la méthode peut être employée et le niveau d'abstraction auquel elle peut être utilisée.

- Niveau conceptuel : le quoi ?

L'objectif est d'indiquer si la méthode permet la description du système sur la base de concepts et de fonctions.

- Niveau organisationnel : les qui ? Quand ? Et où ?

La méthode permet-elle d'effectuer les choix d'organisation ?

- Niveau physique : comment ?

La méthode permet-elle de définir les ressources matérielles à employer ?

Cette synthèse met en évidence que ces différentes méthodes présentent un intérêt indéniable en phase d'analyse préalable à la création ou à l'amélioration des systèmes d'informations. En revanche, les systèmes de prises de décisions et les systèmes physiques sont très peu couverts. Afin d'approfondir ces aspects nous avons retenu la méthode GRAI. Les raisons de ce choix reposent sur le fait que cette méthode :

- permet l'étude des trois systèmes même si elle est plus appropriée au système décisionnel,
- couvre toutes les phases d'étude d'un projet : analyse, diagnostic, pré étude, étude,

- est effectivement employée industriellement même si ce sont des consultants extérieurs aux entreprises qui déploient les projets.

	COMPOSANTE			PHASE DU PROCESSUS				NIVEAU		
	Système d'information	Syst. de décision	Système physique	Analyse demande	Diagnostic	Pré-étude	Étude	Conceptuel	Organisationnel	Physique
IDEF	■	■	■	■		■	■	■	■	■
SADT	■	■	■	■		■	■	■	■	■
DFD	■	■	■	■		■	■	■	■	■
MERISE	■	■	■	■		■	■	■	■	■
M*	■	■	■	■	■		■	■	■	■
AXIAL	■	■	■	■	■		■	■	■	■
AMS	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
GRAI	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PETRI	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
GRAFCET	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
TGAO	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Simulation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
CAO	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

- Méthode conçue dans l'esprit de satisfaire au domaine
- Méthode se révélant utile ou partiellement adaptée au domaine
- Méthode non adaptée au domaine

Tableau 12 : Efficience des méthodes de modélisation [86]

Remarque : le lecteur trouvera en annexe 1.1 un lexique des outils référencés dans les méthodes évoquées dans les chapitres 2.4 et 2.5.

2.3.2. Projet de traitement des non-conformités

Objet de son utilisation : Résoudre les problèmes provoquant le non-respect des exigences définies dans les spécifications d'un produit, service, processus de réalisation.

Principes fondamentaux : S'appuyer sur les connaissances et les compétences des acteurs des processus pour résoudre les problèmes qui y apparaissent.

MRP générique	MTNC	Exemples d'outils spécifiques	Commentaires
Identifier	Comprendre le problème	Brainstorming, fiches de relevés de données, votes, matrice de pondération, schémas, pareto, QQQCC	Obtenir des informations, choisir le problème
Formuler	Connaître les causes	Brainstorming, fiches de relevés de données, QQQCP, Ishikawa/pb, Pareto, diag. de cheminement, Ishikawa/cheminement, logigramme, diagrammes évènementiel, de dispersion	Boite à outils de recherche d'informations et représentations fragmentaires de l'existant.
Solutions	Rechercher des solutions	Brainstorming, rapport de projet, diag. multicritères, des forces, de décision.	Si le problème est simple, utiliser uniquement un vote des participants, sinon utiliser des critères, compléter les solutions entre elles.
Évaluer			
Implanter	Passer à l'action	Fiche d'acquisition de données, schémas, QQQC, rapport de projets, diagrammes de progrès, de Gantt, fléché, Cedac, Ace.	Organiser le projet en impliquant les acteurs du groupe dans sa mise en œuvre et son suivi.

Tableau 13 : Synthèse des étapes de la méthode de traitement des non-conformités par rapport aux étapes du MRP générique proposée.

Conduite du projet :

En groupe de travail afin de lutter contre le refus du changement (les personnes concernées par le projet sont impliquées) et de diminuer la durée du projet. L'animateur est désigné par sa hiérarchie et constitue le groupe suivant les compétences et disponibilités des personnes. Son rôle est d'expliquer les objectifs de chaque réunion, d'entraîner l'adhésion des membres du groupe, de contribuer au projet, d'enrichir ses propres connaissances. Il doit établir un programme prévisionnel des réunions. Celles-ci ne doivent pas dépasser 20 à 40 minutes et être rapprochées tout en laissant à chacun le temps de réfléchir. L'animateur doit faire en sorte qu'un respect mutuel s'instaure entre les participants et que les solutions ne soient pas hâtivement proposées.

Commentaires :

- L'approche du problème et de son analyse sont sélectives et locales.
- Pas de définition formalisée du besoin qui intègre les attentes de la direction et des clients.
- Constitution du groupe selon les caractéristiques des individus (pour bénéficier des compétences/connaissances des acteurs et faciliter la mise en œuvre ultérieure des solutions) mais pas de recherche d'une représentativité globale du processus dans ses aspects formels et informels et dans toutes les étapes par la réunion des acteurs et des gestionnaires.
- Les outils de modélisation de l'existant ne permettent pas d'appréhender la dimension complexe des systèmes.
- La créativité des solutions repose sur les connaissances des membres et la capacité de l'animateur à les faire s'exprimer.
- La place accordée aux acteurs des processus dans le traitement des problèmes peut favoriser l'apprentissage organisationnel. Cependant nous jugeons que l'absence de globalité des phases d'analyse et de définition du besoin, rend cette approche superficielle.
- La conduite du projet ne favorise pas la communication entre les différents niveaux hiérarchiques de l'entreprise. De ce fait, les solutions émises uniquement par des opérateurs risquent d'être non suivies d'effet [49].

2.3.3. Méthode de Résolution de problèmes

Objet de son utilisation : Réduire les coûts de fonctionnement d'une unité, améliorer la qualité de ses prestations, de sa cohésion sociale, les performances d'un processus (améliorations locales).

Principes fondamentaux : L'emploi de la MRP doit déboucher sur de réelles améliorations, ses modalités d'applications sont flexibles, le degré de participation des acteurs modulable. Les apports sont plus ponctuels qu'une réelle remise en cause de la structure.

MRP Générique	MRP Industriel type	Exemples d'outils spécifiques	Commentaires
Identifier	Cadrer	Expression des besoins, étude des opportunités, note de cadrage, organigramme du projet, P.E.R.T., Gantt, fiche d'évaluation des charges, Plan de communication	Poser le problème : Organisation du projet
Formuler	Conduire	QQOQC, fiche de fonctions, répartition des activités, analyse du système de pilotage, de style de management, d'auto pointage matrice des pouvoirs décisionnels, de polyvalence, méthode des chaînons, normes ergonomiques, chronogramme, tableau de bord projet, dossier de choix, plan d'action.	Décrire la situation .
		Arbre des causes, Révélation et analyse des problèmes, tableau de bord projet, dossier de choix, plan d'action	Comprendre la situation
Solutions		Brainstorming, benchmarking, tableau de bord projet, dossier de choix, plan d'action	Rechercher des solutions
Évaluer		Fiche de relevé de décision, tableau de bord projet, dossier de choix, plan d'action	Décider ou faire décider
Implanter		Fiche de bilan de projet, tableau de bord projet, dossier de choix, plan d'action	Mettre en œuvre..
	Conclure	Sondage, tableau de bord, étendue et écarts types	Suivre les résultats.

Tableau 14 : Synthèse des étapes d'une MRP industrielle type par rapport à celles de la MRP générique proposée.

Conduite du projet :

Typique d'un travail en projet, pas de recommandation quant à la nature des acteurs à y intégrer, structuration très hiérarchique et éclatée qui ne favorise pas le développement de connaissances communes.

Commentaires :

- Approche très large (type audit) pour comprendre le fonctionnement global de l'entreprise mais la gestion des processus par elle-même n'est pas étudiée : pas de synthèse. Par ailleurs, les outils de traitement des problèmes font référence à des problèmes très opérationnels : incohérence apparente entre les outils d'analyse déployés et les problèmes traités.
- Définition formalisée du besoin intégrant les attentes de la direction et des clients, mais incomplète : l'aspect des problèmes rencontrés par les acteurs est peu abordé.
- Constitution du groupe projet très hiérarchique mais peu orientée sur les acteurs. Éclatement en groupes de travail ne facilitant pas une vision globale pour les membres de ces différents groupes.
- Les outils de modélisation de l'existant ne permettent pas d'appréhender la dimension complexe des systèmes.
- La créativité des solutions repose sur les connaissances des experts.
- L'ensemble du projet appartient à la hiérarchie et à des experts internes ou externes à l'entreprise qui sélectionnent des outils d'analyse puis établissent et proposent des solutions en fonction de leur expérience.

2.3.4. Business Process Reengineering

Objet de son utilisation : Réorganisation brutale des processus.

Principes fondamentaux : Le client est la base d'organisation des processus. L'organisation est reconfigurée autour des processus opérationnels transversaux. Les supports informatiques permettent de décentraliser les prises de décisions vers les opérationnels.

MRP Générique	BPR	Outils spécifiques	Commentaires
Identifier	Cadrer	Fiche d'expression des besoins, dossier d'étude des opportunités, note de cadrage, organigramme du projet, tableau d'analyse des aléas, P.E.R.T., Gantt, fiche d'évaluation des charges, Plan de communication	Définition du projet
			Préparation de l'équipe
Formuler	Conduire	QQOQCP, les types de risques, matrice des pouvoirs décisionnels, tableau d'analyse du système de pilotage, diagramme de répartition des rôles, ordinogramme, flow-chart, fondamentaux d'audit, tableaux d'analyse des tâches, d'évaluation des contrôles, tableau de bord projet, dossier de choix, plan d'action.	Analyse du système
Solutions		Matrice des pouvoirs décisionnels, tableau d'analyse du système de pilotage, diagramme de répartition des rôles, ordinogramme, flow-chart, fondamentaux d'audit, tableau de bord projet, dossier de choix, plan d'action.	Reconfiguration du système
Évaluer			
Implanter		Tableau de bord du projet, dossier de choix, plan d'action, réunion types d'un projet, fiche de relevé de décision	Implantation du changement
	Management des processus	Fiche de bilan de projet, tableaux de bord, étendues et écart types, cartes de contrôle	Management des processus

Tableau 15 : Synthèse des étapes du BPR par rapport à celles de la MRP générique proposée.

Conduite du projet :

Organisation en projet géré par un consultant extérieur. Les membres de l'entreprise prennent part au projet ponctuellement lorsque leurs connaissances sont requises pour comprendre ce qui se passe. Le plus souvent ce ne sont pas les opérateurs mais leurs responsables qui sont consultés.

Commentaires :

- Diversité des outils d'analyse employés qui conduit à réunir une masse importante de données sans qu'il soit proposé d'outil permettant de synthétiser ces informations : la complexité du système est appréhendable par raisonnement d'expert mais pas par les représentations offertes.
- Définition formalisée du besoin intégrant les attentes de la direction et des clients, mais l'aspect des problèmes rencontrés par les acteurs est peu abordé.
- Constitution du groupe projet très hiérarchique mais peu orientée sur les acteurs.
- Absence complète de référence à la recherche de solutions : celles implantées résultent des orientations définies par la direction et des connaissances et expériences des experts
- L'ensemble du projet appartient à la hiérarchie et aux consultants externes.
- Les outils d'analyse sont axés sur une diminution immédiate des coûts et la création de valeur à destination des clients mais résoudre des problèmes de coordination opérationnelle est aussi une source d'économie, le sous-système opérationnel est globalement ignoré.
- La seule mesure prise pour lutter contre le refus du changement est le plan de communication initié au début du projet. Le BPR impose un changement complet et violent, il ne peut donner lieu, sous cette forme, à un apprentissage organisationnel.

2.3.5. Méthode GRAI

Objet de son utilisation : L'analyse, le diagnostic, la conception et la spécification des systèmes de gestion de production.

Principes fondamentaux : La méthode GRAI utilise deux modèles conceptuels du système de gestion de production : Les grilles et les réseaux afin de modéliser les relations entre sous-systèmes physique, de décision, et d'information. Le sous-système de décision y est représenté comme une structure hiérarchisée de centre de décisions.

MRP	GRAI	Outils spécifiques	Commentaires
Identifier	Initialisation de l'étude	Équipe de synthèse - Équipe de travail - Formation à la méthode	Déf. du projet en termes globaux. Eq. de synt : décideurs des systèmes étudiés. Eq. de travail : spécialistes et analystes externes aux syst.
Formuler	Analyse descendante	Interviews - Grilles GRAI - Réunions de validation - Comptes rendus - Plannings - Choix des personnes à interviewer en phase ascendante.	Interviews des décideurs par les analystes. Modélisation top down. Validation par le groupe de synthèse
	Analyse ascendante	Interviews - Grilles GRAI Réunions de validation	Interviews des différents niveaux de la structure des opérateurs vers les décideurs
	Synthèse	Grilles GRAI Réunions du groupe de synthèse	Comparaison des deux points de vue et redéfinition du réel. Modélisation bottom up
	Bilan	Grilles GRAI réel - Grilles GRAI idéal - Rapport d'analyse	Mise en évidence des dysfonctionnements et choix de ceux à résoudre.
Solutions	Contexte et objectifs	Questionnaire type	Définition du besoin par le groupe de synthèse et les spécialistes.
	Conception globale	Modèles de Grilles GRAI Macro réseaux Réunions groupe de synthèse	Définition de plus en plus détaillée construite par les spécialistes et les analystes et validées par le groupe de synthèse
Évaluer	Conception détaillée	Micro réseaux Cahier de conception, cahier des charges fonctionnel.	
Implanter	Implantation	Planning, changements structurels, formations du personnel, implantations informatiques.	Démarche classique de projet

Tableau 16 : Synthèse des étapes de GRAI par rapport à celles de la MRP générique proposée.

Conduite du projet :

Travail en projet avec une conduite très structurée. C'est un travail d'experts et de spécialistes. Les approches sont très conceptuelles et ne peuvent être le support à des échanges avec la totalité du personnel.

Commentaires :

- Phase d'analyse extrêmement poussée qui établit clairement les liens qui unissent les objectifs de la direction aux opérations mises en œuvre qui permettent ou non leur atteinte.
- Les moyens proposés pour la définition du besoin peuvent permettre d'aboutir à une vision globale de ce besoin, cependant l'intégration des contraintes opérationnelles dépendra de l'efficacité des interviews menées auprès des opérationnels.
- La modélisation du système qui est effectuée permet de mettre en évidence sa complexité. Par contre ces représentations sont elles-mêmes complexes et donc limitent le public qui peut les appréhender.
- Le projet n'est pas « intégré » dans la structure : seul un groupe d'experts intervient, les acteurs sont uniquement des ressources informationnelles.
- Les solutions émises ne font pas appel à la créativité mais aux connaissances des experts et à des modèles.
- L'étude est longue et coûteuse.
- Les propositions de modifications portent essentiellement sur les systèmes informationnels et décisionnels officiels.
- La méthode ne permet pas de déclencher un processus d'apprentissage organisationnel.

2.3.6. Synthèse

	Identifier Le problème			Formuler le problème				Rechercher des solutions				Évaluer		Implanter		
	Problème nommé	Conséquences identifiées	Cahier des charges projet et solutions	Besoin global synthétisé	Modèles existant reflétant sa complexité,	Modèles proches de la réalité	Cheminement des causes	éliminer l'inertie psychologique	Expression libre	Multiplication des points de vue	Accès à des concepts inconnus	Synthèse d'une analyse de groupe	Analyse multicritères	Gestion de projet	Refus du changement	Apprentissage organisationnel
MTNC	+ / -	+ / -				+ / -		+ / -	+	+ / -		+	+	+ / -	+ / -	+ / -
MRP Ind.	+					+ / -						+ / -		+		
BPR	+	+	+		+ / -	+ / -	+ / -							+		
GRAI	+	+	+		+ / -	+ / -	+ / -							+		

Tableau 17 : Synthèse de l'analyse des méthodes de réorganisation étudiées

Légende : + : les outils et pratiques proposés par la méthode permettent d'effectuer l'action nommée en tête de colonne, +/- : les outils et pratiques proposés par la méthode ne permettent pas de mener totalement l'action nommée en tête de colonne, - : les outils et pratiques proposés par la méthode ne permettent pas d'effectuer l'action nommée en tête de colonne.

Le tableau 17 synthétise les résultats des observations menées dans les chapitres précédents. Il met en relief des lacunes importantes des méthodes.

- Formaliser le besoin global auquel doit répondre le projet.

Cette phase correspond à la définition des critères que doit respecter la solution finale pour répondre simultanément aux :

- attentes clients,
- objectifs de la direction,
- contraintes opérationnelles des acteurs et gestionnaires des processus.

En fait, la définition du besoin n'est « oubliée » dans aucune des méthodes étudiées mais dans aucune d'entre elles nous n'avons détecté de réelle étape de synthèse des différents points de vue cités ci-dessus. Cette affirmation est cependant à tempérer en ce qui concerne la méthode GRAI. Comme nous l'avons évoqué en commentaire dans ce type de projet cette synthèse peut avoir lieu si des interviews ont été effectués auprès des opérateurs qui sont acteurs des processus. Cependant, cette méthode très conceptuelle s'approche peu du système physique et des opérationnels. De ce fait, rien ne garantit une réelle prise en compte de ces aspects. Par ailleurs, comme dans toutes les autres méthodes évoquées, la définition du besoin est posée uniquement par interviews. C'est donc uniquement sur des opinions - avec toute la subjectivité que de telles pratiques impliquent - que ces besoins sont formulés.

- Modéliser l'existant dans sa complexité.

Seules les modélisations proposées par la méthode GRAI permettent de réellement fournir une représentation de la complexité des systèmes organisationnels étudiés. Cet élément est pourtant essentiel, il ne peut y avoir de recherche de solutions efficaces sans la prise en compte des interactions dont le système est le lieu. En revanche, les modélisations GRAI sont difficiles à appréhender. Elles sont d'ailleurs employées par des spécialistes. Elles ne peuvent pas être

utilisées comme support à la construction d'une base commune de discussions et dialogues entre tous les membres de l'entreprise.

- Modèles reproduisant des fonctionnements réels

Les méthodes envisagées ici ne portent aucune attention particulière à la nécessité d'identifier les pratiques informelles réellement déployées par les acteurs des processus. Toutes emploient également les techniques d'interviews pour obtenir des informations qui peuvent répondre partiellement à ce besoin. Cependant, si ces informations ne sont pas employées ensuite comme un support de discussion multipartites par les acteurs des différents services, une partie du fonctionnement réel risque d'échapper à l'analyse effectuée.

- Rechercher des solutions

Le recours à la créativité n'est évoqué que dans les projets de type MRP et le traitement des non-conformités. Dans les deux autres cas, ce sont des modèles (expériences des experts, modèles GRAI) et les objectifs de la direction qui définissent les solutions. Même lorsque cette phase fait appel à la créativité, celle-ci est restreinte à l'usage du Brainstorming sans qu'une attention particulière soit portée à la constitution des groupes réalisant ces séances de créativité. Cette étape de recherche des solutions est systématiquement celle qui est la moins développée, la moins explicitée dans les méthodes. Pourtant l'enjeu des projets réside en cette étape. On retrouve d'ailleurs ce « vide » dans la phase de sélection des solutions. Globalement il en ressort l'impression qu'il n'existe pas des solutions mais « la solution ». Le concept du « one best way » demeure très présent.

- Lutter contre le refus du changement

Au-delà des déclarations de bonnes intentions, peu d'éléments transparaissent pour faire apparaître une réelle prise en charge de cet aspect des projets. Les seuls points développés sont ceux de la communication sur le projet. Aucun effort n'est porté sur l'implication des individus qui seront directement concernés par les changements. Il n'est pas proposé de mode de travail facilitant l'appropriation des solutions par leurs futurs utilisateurs. Les pratiques ne tendent pas à permettre à ces acteurs d'être proactifs dans ces évolutions. Ce constat s'applique en partie seulement pour les projets de types MRP ou MTNC qui associent dans les groupes de travail opérateurs et encadrement hiérarchique. Cependant, les règles de constitution de ces groupes se basent sur les compétences des individus à fournir des informations sur l'existant et non sur leur degré d'implication future.

- L'apprentissage organisationnel

Cet objectif est ignoré dans les méthodes considérées. L'enjeu de leur déploiement apparaît comme très centré sur la résolution d'un problème. L'occasion de saisir la résolution d'un problème, la reconception d'un processus comme prétexte à une autre façon de travailler individuellement et collectivement, n'est pas du tout envisagée.

Les méthodes et outils employés dans ces projets permettent de capter une multitude de données de caractérisations des composants des processus mais pas de structurer une analyse qui établisse clairement la liaison entre ces caractéristiques et les dysfonctionnements. Différentes méthodes existent qui s'appliquent et s'adressent aux trois systèmes de l'entreprise (décision, gestion, et opération), cependant nous n'en avons pas identifiées qui fassent le lien entre les trois. Aussi ces méthodes ne permettent pas d'établir un lien entre les objectifs globaux à satisfaire, énoncés au niveau d'un processus transversal,

et les contraintes du fonctionnement réel à intégrer. En fonction des membres du groupe de travail et des champs étudiés, on peut caricaturer la situation en définissant que dans certains cas le besoin global est parfaitement connu mais non le fonctionnement réellement employé pour tenter d'y satisfaire. A l'inverse, dans les projets très locaux, le fonctionnement réel d'un processus fonctionnel est parfaitement connu. En revanche, l'importance et le rôle de ses liens avec les autres parties du processus transversal et les objectifs de ce même processus transversal, sont ignorés.

Par ailleurs, quel que soit le type de projet mené toutes les formes de recherche de solutions font appel à l'expérience d'un expert ou des opérationnels, la mise en œuvre et l'acceptation des solutions par les opérationnels.

2.4. Le traitement des dysfonctionnements au sein des produits et procédés

2.4.1. Introduction

De multiples outils et méthodes sont employés en entreprises pour la conception ou reconception de produits, on citera notamment :

- l'ingénierie simultanée
- la Conception à Coût Objectif
- le QFD
- l'Analyse de la Valeur
- l'Analyse Fonctionnelle
- l'AMDEC
- ...

Dans cette partie, nous étudions les spécificités de quatre d'entre eux dont l'exploitation peut s'apparenter à une démarche de résolution de problème : l'Analyse de la Valeur, la méthode PAPSA, les Sept Nouveaux Outils du Management de la Qualité et la méthode TRIZ.

Les facteurs ayant présidé au choix de ces quatre méthodes sont de deux natures. En ce qui concerne l'Analyse de la Valeur et les Sept Nouveaux Outils du Management de la Qualité, leur ancrage dans la pratique industrielle justifie l'intérêt porté. La généricité de ces méthodes rend leur usage répandu pour des systèmes autres que techniques. L'usage de l'Analyse de la Valeur tend notamment à s'étendre aux processus au travers du Value Management. Cependant, cette méthode a été employée à l'origine pour les produits et ses applications industrielles relèvent aujourd'hui encore, le plus souvent, des produits et procédés. Le point fort de l'Analyse de la Valeur réside essentiellement dans la mise en œuvre de l'Analyse Fonctionnelle qui permet d'identifier très efficacement les fonctions répondant aux attentes des utilisateurs [10]. Elle permet également d'orienter de façon pertinente l'activité créative grâce à une décomposition en sous-problèmes quantifiés. La décomposition fonctionnelle facilite, par les critères qui y sont énoncés, l'évaluation des concepts de solution. L'intérêt particulier des outils du management de la qualité réside dans les phases d'identification et de formulation du problème. Les outils proposés pour ces étapes impliquent des analyses de causalité ascendante et descendante qui se complètent [82]. De plus, les outils proposés pour la phase d'implémentation sont également très pertinents.

Le choix des deux autres méthodes proposées ici, PAPSA et TRIZ, a été motivé par des raisons différentes. Aucune des méthodes proposées en conception n'intègre réellement d'outils (et encore moins de démarches) créatifs. Au mieux, elles « renvoient » à l'usage des outils créatifs lors de la phase de recherche de solutions. Nous avons donc fait le choix de nous intéresser à des méthodes qui, au-delà des supports à l'analyse du problème qu'elles peuvent fournir, s'emploient ensuite à aider à l'émergence de solutions. PAPSA permet de développer des attitudes créatives tout au long du processus de résolution de problèmes [50]. L'intérêt de la démarche PAPSA réside dans son efficacité à lever les barrières de l'inertie psychologique grâce, entre autres, à un travail en groupe et à la diversité des principes sous-tendus par les outils (analogie, inversion...). Cette logique est présente dans chacune des étapes de la méthode. L'attrait suscité par TRIZ est essentiellement lié aux modèles de concepts de problèmes et de solutions qu'elle propose. Pourtant elle mène également à réaliser une analyse poussée du problème étudié. En effet, afin de réaliser la modélisation du problème avec les outils qu'elle propose à cet effet, le groupe de travail doit définir et redéfinir le problème. Cependant, il n'existe pas dans TRIZ classique de support à une démarche analytique rigoureuse. Le lien entre la fonction identifiée comme non ou mal satisfaite et le phénomène qui en est l'origine résulte d'un processus cognitif. Le groupe ou l'individu est conduit à formuler le problème, lui chercher des solutions en « boucles » jusqu'à ce que celles identifiées soient pertinentes. La difficulté n'est pas liée à

l'utilisation des outils – très simple – mais à l'identification du niveau du système auquel poser le problème. Cependant, c'est également la richesse de la méthode qui cherche à guider le concepteur dans des approches multidimensionnelles spatiales et temporelles du sujet étudié. En contrepartie, lorsque les phénomènes causaux sont clairement établis, les outils de TRIZ offrent un fort potentiel d'accroissement des caractéristiques de flexibilité et d'élaboration du processus de créativité.

2.4.2. Analyse de la valeur

« L'analyse de la valeur est une méthode de compétitivité, organisée et créative, visant la satisfaction du besoin de l'utilisateur par une démarche spécifique de conception à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire. C'est une méthode opérationnelle pour susciter et organiser l'innovation. » AFNOR X50-150

Objet de son utilisation : Satisfaire les besoins des clients et des utilisateurs ; Minimiser les dépenses de l'entreprise [77, 78].

Principes fondamentaux :

- La référence systématique au besoin par le recours à l'approche fonctionnelle
- La recherche de satisfaction des besoins aux moindres coûts : la valeur
- L'efficacité créatrice de travaux réalisés en groupe pluridisciplinaire
- Le respect d'une démarche logique au travers d'un plan de travail
- L'utilisation d'outils méthodologiques facilitant et rationalisant la mise en oeuvre.

MRP	AV	Outils spécifiques	Commentaires
Identifier	Orientation De l'étude	Analyse Fonctionnelle du besoin, bête à corne, CdCF	Sert à déterminer le pourquoi et le comment de l'action Analyse de la Valeur à mener.
	Recherche d'informations	Analyse Fonctionnelle Interne des produits existants, CdCF	Sert à constituer un dossier et à situer le problème en interne et en externe
Formuler	Analyse des fonctions et des coûts	Analyse Fonctionnelle Externe, Analyse Fonctionnelle Interne, Analyse des coûts, Tableaux anachroniques, Graphes de produit	« Cœur » de l'action Analyse de la Valeur Optimisation du couple besoin - solution avec l'Analyse Fonctionnelle
Solutions	Recherche De solution	Diagramme FAST	Il faut utiliser en plus les outils classiques de la créativité
Évaluer	Étude et évaluation Des solutions	Analyse Fonctionnelle Interne, Analyse des coûts	Évaluation quantitative des solutions identifiées
	Bilan prévisionnel et choix	Pas d'outil spécifique	
Implanter	Réalisation, suivi et bilan	Pas d'outil spécifique	

Tableau 18 : Synthèse des étapes de l'AV par rapport à celles de la MRP générique proposée
Conduite du projet :

Un animateur doté de compétences méthodologiques assure l'organisation, le déroulement et l'animation d'une action AV. Le groupe peut être constitué de représentants de la conception, de la fabrication, des achats, des utilisateurs produits, de la maintenance... [1].

Commentaires :

- L'Analyse Fonctionnelle permet d'identifier très efficacement les fonctions répondant aux attentes des utilisateurs.
- Elle permet d'orienter de façon pertinente l'activité créative à mettre en oeuvre pour la recherche de solutions grâce à une décomposition en sous-problèmes quantifiés.
- La décomposition fonctionnelle offre au travers des critères qui y sont identifiés une évaluation des concepts de solutions efficace.
- En revanche, elle n'offre pas de modèle de représentation qui permette d'appréhender les systèmes complexes.
- Elle est dépourvue d'outils supports à l'effort créatif.
- Conçue à l'origine pour l'amélioration des produits et des procédés elle ne prend pas en compte dans ses pratiques et outils les contraintes liées à l'acceptation et l'appropriation des solutions par les acteurs. Pourtant son usage s'étend aujourd'hui aux services, processus et organisations avec le Value Management.

2.4.3. Outils du Management de la Qualité

Objet de son utilisation : Dans la démarche de mise en œuvre des OMQ, nous nous intéressons aux 7 nouveaux outils du management de la qualité. Ces outils sont destinés à traiter les problèmes de non-qualité mis en évidence par les résultats des indicateurs de contrôle des processus, les requêtes clients, ou les audits internes / externes.

Dans ces 7 outils, nous ne retenons que les 6 premiers afin de mener notre analyse comparative.

Principes fondamentaux :

- Cerner et clarifier le problème
- Rechercher des solutions
- Préparer et planifier

MRP	OMQ	Outils spécifiques	Commentaires
Identifier	Cerner et clarifier le problème	Diagramme d'affinités (KJ)	Outil basé sur l'intuitif et sur un travail de groupe d'où une vision globale du problème
Formuler		Diagramme des relations	Établit une structure de causalité Permet d'aller au « cœur » du problème
		Diagramme matriciel	Se manie comme un outil de créativité (travail de groupe)
Solutions	Rechercher des solutions	Diagramme en arbre	Une étape d'évaluation permet de juger la pertinence des solutions
Évaluer			
Implanter	Préparer et planifier	Diagramme flèche	Permet de transposer la solution en projet, et de le planifier
		Diagramme des alternatives	Permet d'effectuer une analyse des risques et de proposer des solutions

Tableau 19 : Synthèse des étapes des OMQ par rapport à celles de la MRP générique proposée.

Conduite du projet :

Ces projets sont généralement encadrés par les responsables de services dont les résultats sont en cause ou par les responsables qualité de l'entreprise. Les groupes projets, lorsque des groupes sont effectivement composés et que le responsable ne travaille pas seul, demeurent limités dans l'étendue des objectifs et des situations considérées.

Commentaires :

- La définition du besoin n'est pas menée ni exprimée de façon rigoureuse. Une certaine globalité peut être obtenue grâce à un travail de groupe mais de façon non fiable.
- Cahier des charges non défini de façon formalisée.
- Les modèles de l'existant employés ne peuvent pas permettre d'appréhender de systèmes complexes.
- Les outils d'analyse employés offrent un support au cheminement des causes.
- La créativité est soutenue par un travail de lutte contre l'inertie psychologique uniquement.
- L'évaluation des solutions est prévue grâce au diagramme en arbre.
- Certains outils de gestion de projets sont proposés pour l'implémentation des solutions ; en revanche rien n'est proposé pour lutter contre le refus du changement, favoriser l'appropriation des solutions, développer l'apprentissage organisationnel.

2.4.4. Méthode PAPSA

Objet de son utilisation : Toute nature de problème faisant appel à la créativité pour identifier des solutions.

Principes fondamentaux : Lutter contre l'inertie psychologique et bénéficier de l'émulation du travail en groupe pour accroître la créativité.

MRP	PAPSA	Exemples D'outils spécifiques	Commentaires
Identifier	Perception	Carte mentale	Évolution de la carte mentale vers un schéma heuristique. Vision plurielle du problème.
Formuler	Analyse	Purge	Pas vraiment d'outil descriptif de formulation
Solutions	Production	Brainstorming Analogie Matrice de découverte Inversion	Point fort de la démarche. Outils issus des différentes logiques de la créativité (analogique, associative, combinatoire...)
Évaluer	Sélection	Avocat de l'ange	Phase intéressante mais qui reste très intuitive et qualitative
Implanter	Application	Fiche Idée	Fournit une bonne base de départ mais doit être complétée

Tableau 20 : Synthèse des étapes de la méthode PAPSA d'après Jaoui [50] par rapport à celles de la MRP générique proposée.

Conduite du projet :

L'animateur, formé à tous les outils et très expérimenté, choisit en fonction du sujet, du contexte, du groupe de projet ...les outils à employer par le groupe et le moment de leur usage.

Commentaires :

- La définition du besoin n'est pas menée ni exprimée de façon rigoureuse. Sa globalité dépend des membres associés au groupe de travail.
- Les liens causaux sont établis uniquement de façon intuitive.
- Pas de cahier des charges formalisé ni de critères de sélection des solutions.
- La démarche d'analyse manque de rigueur et d'outils guides tant analytiques que quantitatifs.
- Pas de modélisation permettant d'appréhender les systèmes complexes.
- Efficacité à lever les barrières de l'inertie psychologique grâce, entre autres, à un travail de groupe. Cette logique est d'ailleurs présente dans chacune des étapes de la méthode.
- En matière de créativité l'apport de ces outils ne permet pas, malgré tout, l'accès à des concepts inconnus des membres du groupe.
- Rien n'est proposé en matière de gestion de projet.
- Le travail créatif que permet l'usage de cette méthode peut constituer le support à une politique de management axée sur le développement de l'apprentissage organisationnel. Cependant, la structuration de la méthode semble insuffisante pour être employée directement dans cet objectif.

2.4.5. TRIZ

Objet de son utilisation : Permettre la résolution de problèmes inventifs au sein de systèmes technologiques. Est désigné ainsi tout problème solutionné jusque là par l'acceptation d'un compromis de la part du concepteur

Principes fondamentaux : Basée sur une étude heuristique la méthode propose des outils de modélisation des problèmes et des bases de concepts de solutions pour y répondre. Parallèlement à TRIZ classique deux outils logiciels sont envisagés ici : Tech Optimizer™ et Innovation WorkBench™.

MRP	TRIZ	Outils spécifiques TRIZ Classique <i>Outils spécifiques TRIZ IWB¹⁷</i> <i>Outils spécifiques TRIZ TO¹⁸</i>	Commentaires
Identifier	Établir les causes réelles du problème et les ressources disponibles	ARIZ, Hommes miniatures <i>Questionnaire d'analyse,</i>	Recherche d'informations peu structurée. <i>Le questionnaire IWB conduit à une analyse multidimensionnelle du problème.</i>
Formuler	Modéliser le problème	Contradiction Technique, S-Field Contradiction Physique, <i>Graphe, Basic directions, Refined directions, Graphe</i>	La transformation d'un problème spécifique en un problème connu est une originalité de la méthode. <i>Le graphe IWB permet la représentation de boucles d'interactions, intègre le facteur humain. Les basics directions offrent un support d'analyse et de sélection des problèmes. Le graphe TO s'inspire de l'analyse fonctionnelle.</i>
Solutions	Rechercher des solutions créatives	Principes (matrice des contradictions) Solutions standards, principes de séparation, hommes miniatures, analyse des ressources du système, lois d'évolution des systèmes, opérateurs STC, bases de données effets. <i>Opérateurs généraux et spécialisés, Modules predictions, effects, principes</i>	Point fort de la méthode, spécificité : soutenue par les bases de données de solutions Compléments apportés par des outils classiques de créativité (synectique). <i>Les opérateurs sont une synthèse et une spécialisation des différentes bases de données de TRIZ. Les modules regroupent les différentes bases de données en y apportant des modifications et en les complétant par des principes scientifiques (effects).</i>
Évaluer	Sélectionner une solution	Résultat Final Idéal <i>module Feature Transfert</i>	Purement qualitative et intuitive. Un des points faibles de la méthode. <i>IWB ne propose rien de plus que la méthode classique. TO complète la méthode en proposant des outils de synthèse et de sélection des solutions.</i>
Implanter		Pas d'outil spécifique	N'existe pas dans la méthode

Tableau 21 : Synthèse des étapes de TRIZ par rapport à celles de la MRP générique proposée.

Conduite du projet : essentiellement déployée par des consultants, ou par des concepteurs seuls, au travers de l'utilisation des logiciels.

Commentaires :

- La recherche d'information n'est pas épaulée ni dans la méthode classique ni avec TO. En revanche IWB fournit un support d'analyse de l'environnement et du système pertinent.
- Besoin et cahier des charges non définis de façon formalisée.
- Avec TRIZ classique, il est difficile d'appréhender les systèmes complexes, d'établir et de représenter le cheminement des causalités en leur sein. Les outils de modélisation induisent une démarche cognitive de ce type mais elle est conduite sans représentation graphique ce qui rend la méthode difficile à maîtriser. Avec IWB la modélisation d'un système complexe est réalisable. Mais elle doit être précédée d'une analyse de causalité qui aide à positionner le niveau du système auquel attaquer le problème, ce que n'offre pas le logiciel.
- L'aide à la créativité est le point fort sous toutes les formes d'emploi de la méthode.
- L'évaluation des solutions et l'implémentation constituent une de ses grandes faiblesses. On note cependant l'intérêt du module Feature Transfert de TO qui cote et sélectionne les meilleurs concepts émis.

¹⁷ IWB : Innovation Work Bench™ : logiciel basé sur la méthode TRIZ développé par la société Ideation

¹⁸ TO : Tech Optimizer™ : logiciel basé sur la méthode TRIZ développé par la société Invention Machine

2.4.6. Synthèse

	Identifier le problème			Formuler le problème				Rechercher des solutions				Évaluer		Implanter		
	Problème nommé	Conséquences identifiées	Cahier des charges projet et solutions	Besoin global synthétisé	Modèles existant reflétant sa complexité,	Modèles proches de la réalité	Cheminement des causes	éliminer l'inertie psychologique	Expression libre	Multiplication des points de vue	Accès à des concepts inconnus	Synthèse d'une analyse de groupe	Analyse multicritères	Gestion de projet	Refus du changement	Apprentissage organisationnel
AV	+	+	+/-	+/-		+/-	+/-					+	+	+		
OMQ	+	+	+/-			+/-	+/-					+		+		
PAPSA	+/-	+/-				+/-	+/-	+	+	+						
TRIZ Class.	+	+/-				+/-	+/-	+	+	+	+					
TRIZ IWB	+	+/-			+	+/-	+/-	+	+	+	+					+/-
TRIZ I.O.	+	+/-				+/-	+/-	+	+	+	+	+/-	+/-			

Tableau 22 : Synthèse de l'analyse des méthodes de conception de produits étudiées

Légende :+ : les outils et pratiques proposés par la méthode permettent d'effectuer l'action nommée en tête de colonne,+/- : les outils et pratiques proposés par la méthode ne permettent pas mener totalement l'action nommée en tête de colonne,- : les outils et pratiques proposés par la méthode ne permettent pas d'effectuer l'action nommée en tête de colonne

Les points remarquables que nous retenons de cette analyse, au regard des lacunes détectées dans le chapitre 2.4, sont les suivants :

- De l'identification des besoins au cheminement des causes.

Grâce à l'enchaînement des outils que propose l'Analyse de la Valeur, de l'analyse du besoin à l'analyse fonctionnelle interne, une démarche linéaire logique et formalisée permet de guider l'analyse du problème. C'est la seule méthode parmi toutes celles envisagées (chap. 2.3 et 2.4) qui offre cette possibilité. Cependant, de par la linéarité de cette démarche elle ne peut être employée seule dans le cas de systèmes complexes comme les processus.

- Modéliser l'existant dans sa complexité.

La modélisation graphique IWB offre l'avantage de permettre la représentation de phénomènes et de systèmes complexes. Par ailleurs, le principe d'élaboration des graphes est simple ce qui autorise à l'exploiter très rapidement avec un groupe découvrant la méthode. La construction de ce graphe en travail de groupe conduit à des confrontations des points de vue. Ce partage « naturel » des réflexions constitue le point de départ potentiel pour un apprentissage organisationnel.

- Rechercher des solutions

TRIZ comme PAPSA fournissent des moyens riches pour améliorer l'efficacité de cette étape. TRIZ présente cependant des capacités dont ne dispose pas PAPSA. D'une part, elle propose différentes formes de bases de données de concepts de solutions (qu'il s'agisse de sa forme classique ou de celles qui lui ont été conférées dans les logiciels). Cette particularité permet de faciliter la démarche analogique qui, dans PAPSA, repose sur les connaissances des membres du groupe. Par ailleurs, ces concepts de solutions sont issus d'une compilation des solutions les plus efficaces identifiées dans des brevets. Aussi, ils peuvent permettre de réduire le temps de recherche de solutions et améliorer la qualité de ces dernières. Par ailleurs, les liaisons d'usage des outils disponibles dans TRIZ permettent de structurer la phase créative ce qui n'est pas le cas avec PAPSA.

- Prise en compte des pratiques informelles, refus du changement, apprentissage organisationnel.

Comme en ce qui concerne les méthodes consacrées à la résolution des problèmes organisationnels, ces différents points sont omis en conception de produits. Cette lacune cependant s'appréhende mieux dans la mesure où ces deux sujets relèvent du management. Qu'il s'agisse :

- d'appréhender le fonctionnement réel mis en œuvre dans les processus,
- de promouvoir une culture d'entreprise favorisant l'appétit de ses membres à plus de savoir et d'implication,
- de combattre des attitudes opposées à la modification des pratiques...

les moyens déployés relèvent alors des places et rôles accordés dans le déploiement des activités (de projets ou routinières) aux différents membres des organisations.

Les méthodes employées en conception de produits :

- *fournissent un support essentiel lors de la phase d'analyse du problème pour les systèmes technologiques,*
- *leur emploi permet de définir le besoin, puis la fonction, non satisfaits et de déterminer ainsi les composants du processus en cause.*
- *doivent être complétées par des outils permettant de capter la diversité des informations qui définissent les composants des processus et cela dans leurs dimensions tant statiques que dynamiques.*

De plus, la mise en œuvre de TRIZ permet de lutter contre les barrières psychologiques qui freinent la créativité et d'accroître la diversité et l'efficacité des solutions élaborées.

2.5. Méthodes de management

2.5.1. Introduction

L'accroissement de la complexité et de l'incertitude dans lesquelles sont immergées les entreprises ont rendu caduque la recherche d'un état idéal stable. L'organisation idéale est, au contraire, celle qui parvient à mettre en œuvre des processus de transformation permanents. Cette caractéristique repose sur la capacité de cette organisation à s'autoréguler et l'élément clé de cette autorégulation est l'homme [43]. Une communauté humaine, dotée de structures flexibles, autonomes et évolutives, ne peut donc plus être pilotée par ses structures mais doit disposer d'un projet global, de finalités partagées qui guident ses actions.

L'objet des méthodes de management n'est pas de définir un mode précis de fonctionnement, ces méthodes ne sont pas destinées à définir des modes opératoires. Les propositions qu'elles offrent portent sur :

- les formes et natures de groupes qui interagissent au sein d'une organisation,
- les types de relations à établir entre ces différents groupes dans l'objectif de déployer une forme de culture d'entreprise, de mode de fonctionnement.

L'objectif des réflexions qui alimentent les méthodes de management destinées à rendre les organisations « intelligentes » est d'établir les conditions à mettre en œuvre pour parvenir à un tel résultat.

2.5.2. Influence des phénomènes liés à la dynamique des groupes

L'une des premières approches concrètes qui ait été employée dans le monde industriel pour conduire cette évolution de la culture d'entreprise a été la mise en œuvre des projets d'entreprises. Cependant, cette approche, qui s'est développée dans le courant du mouvement de la qualité a connu des échecs importants [49]. Selon Senge [98], ce phénomène s'explique par le fait que ces projets soient le fruit des réflexions de quelques dirigeants. Aussi les membres de l'entreprise n'ont pas la possibilité, ni souvent l'envie, de s'en approprier le sens.

L'évolution culturelle d'un groupe social requiert en premier lieu que ce groupe existe. C'est-à-dire qu'il ne forme pas seulement un regroupement d'individus mais qu'il s'agit bien d'un ensemble de personnes interdépendantes [63]. Cette interdépendance repose sur l'existence d'une cohésion pour laquelle les sociologues établissent l'influence d'un certain nombre de facteurs :

- des facteurs extrinsèques – antérieurs à la formation du groupe –
 - la dépendance hiérarchique, fonctionnelle ou d'opinion du groupe vis-à-vis d'un groupe extérieur plus « puissant »,
 - les moyens matériels exploités pour la communication,
 - le degré d'hétérogénéité des statuts sociaux et des cadres de références des différents membres du groupe,
- des facteurs intrinsèques
 - des mobiles socio-affectifs : attrait d'un but commun, d'une action collective, du sentiment d'appartenance à un groupe, d'affinités interpersonnelles, pour la satisfaction de besoins personnels,
 - des mobiles socio-opératoires : La distribution et l'articulation des rôles, la conduite du groupe et le mode de leadership.

L'importance du nombre de facteurs qui exercent une influence, comme la complexité des interactions entre ces différents facteurs démontre de la difficulté à modifier, ou à créer, cette cohésion. Cette difficulté est renforcée par le fait que dans l'organisation d'une entreprise, comme dans tout groupe social, différents groupes existent déjà. Ces groupes font preuve de cette cohésion, leur présence et les

pressions qu'ils engendrent viennent gêner, et éventuellement empêchent, le développement de nouveaux groupes.

2.5.3. Les conditions propices au développement des organisations intelligentes

Pour qu'une entreprise puisse évoluer vers l'auto organisation elle doit être animée par la conscience de buts supérieurs qui permettent de transgresser l'ordre établi [43]. Cette transgression ne peut être suscitée que par le croisement des idées, le décloisonnement des spécialités, l'ouverture sur l'extérieur et la réflexion. Pour parvenir à ce résultat, l'auteur émet une série de recommandations à destination des dirigeants :

- *Remonter à la source de vos représentations. Demandez-vous si votre système de représentation est en adéquation avec votre projet.*
- *Pilotez par les finalités. Mettez en question les structures. Centrez-vous sur le projet poursuivi, sur les raisons d'être de l'activité.*
- *Pensez et organisez l'entreprise comme un système ouvert, comme un tissu d'interactions.*
- *Multipliez les connexions, créez des réseaux d'intelligence.*
- *Intégrez l'incertitude dans les processus de pilotage.*
- *Développez l'autonomie. Ouvrez des espaces à l'invention.*
- *Sachez reconnaître et articuler des logiques différentes. Dépassez les antagonismes en vous référant à des logiques d'ordre supérieur.*
- *Donnez du sens, construisez sur la culture.*
- *Placez l'homme au centre. Couplez l'individuel et le collectif.*
- *« Détruisez les idoles qui sont dans vos têtes ». Renoncez à l'optimum mythique, au rêve de tout réunir dans une seule loi.*

Ces recommandations s'apparentent à la définition des modes de réflexions dont doivent se pourvoir les dirigeants. En revanche, aucun élément concret n'est proposé sur les moyens à déployer auprès des membres de l'entreprise pour les inciter à utiliser différemment ces nouvelles conditions de management.

L'approche développée par Senge [98] est beaucoup plus précise. L'organisation intelligente y repose sur la mise en œuvre :

- de l'exploitation de l'approche systémique pour comprendre le fonctionnement des structures étudiées,
- du développement par les membres de l'organisation de la maîtrise personnelle,
- de la clarification et de la remise en cause des modèles mentaux,
- de la construction d'une vision partagée.

➤ **L'approche systémique**

Le raisonnement systémique est basé sur l'observation :

- des interrelations plutôt que sur celles des liens simples et linéaires de causes et d'effets.
- d'un processus plutôt que sur celle d'une série d'images fixes.

Son rôle est d'aboutir à des représentations sous formes de cercles d'influence exercés dans un processus finalisé. Les modèles développés mettent en évidence les boucles de rétroaction qui induisent des phénomènes amplificateurs ou régulateurs. Cette approche évite de parcelliser la réalité et évite l'anthropomorphisme. Le facteur humain devient un élément de la boucle de rétroaction et non un élément extérieur. La pratique de ce type de raisonnement et de visualisation de la réalité démontre qu'il n'existe pas un élément, une personne ou un facteur responsable : chacun est co-responsable.

➤ La maîtrise personnelle

L'objet de la maîtrise personnelle est d'aboutir à :

- faire la part de ce qui est vraiment important pour soi,
- analyser lucidement la vie de tous les jours, la réalité.

Le différentiel évalué entre ce qui est vécu et souhaité donne naissance à une force créatrice. Apprendre devient le moyen de satisfaire ces objectifs. Le développement de la maîtrise personnelle accroît la motivation des individus, leur prise d'initiatives, de responsabilités et leur goût à l'apprentissage. Ce résultat peut être obtenu en :

- amenant les personnes à prendre conscience de leur vision souhaitée de l'avenir, de leurs objectifs, de ce vers quoi leurs actions doivent leur permettre de cheminer,
- maintenant une tension créatrice : la mesure de l'écart entre l'état souhaité et la réalité doit donner lieu à la mise en œuvre d'actions et non à diminuer les ambitions,
- recherchant la vérité : ce qui réclame de comprendre les structures, d'appréhender en permanence la réalité,
- utilisant le subconscient : pour cela il faut créer des automatismes grâce à des objectifs clairs qui guident la pensée inconsciente.

L'utilisation conjointe de la maîtrise personnelle et de l'approche systémique permet le rapprochement de raisonnements intuitifs et rationnels c'est-à-dire un enrichissement du cadre de réflexion.

➤ La clarification et la remise en cause des modèles mentaux

Nous ne voyons pas le monde tel qu'il est mais tel que nous pensons qu'il est. Ce décalage induit des erreurs de jugement tant dans l'analyse des phénomènes causaux que dans les modifications qui en sont proposées. Les travaux d'Argyris sont à la base de cette réflexion. L'établissement d'une vision commune au sein d'un groupe nécessite de parvenir à faire évoluer ces modèles mentaux individuels qui déforment la « réalité ». La première étape de cette évolution est conditionnée par le fait que chacun prenne conscience de ces perceptions qui guident son comportement parfois de façon inconsciente. Pour que ces schémas soient reconnus, exprimés, les individus doivent parvenir à :

- reconnaître les sauts conceptuels qui les entraînent à transformer un fait observé en une généralité,
- apprendre à exprimer le non-dit,
- apprendre à conduire une enquête honnête,
- distinguer les théories qu'ils professent de celles qu'ils déploient réellement,

L'exercice conjoint de l'approche systémique et de la prise en compte de l'existence des modèles

mentaux permet la reformulation des vraies causes des problèmes et de faire émerger les a priori cachés.

➤ **Construire une vision partagée**

La création d'une vision commune ne peut être basée uniquement sur la résolution d'un problème. Elle doit s'élaborer sur la transmission des raisons d'être et des valeurs de l'entreprise. Cet objectif commun ne peut donc être dicté par un groupe restreint des membres de l'organisation mais bien constituer une création commune et évolutive. Ce paradigme réclame un engagement individuel sincère et le respect des perceptions de chacun des membres du groupe. Parvenir à synthétiser les différents points de vue pour permettre l'émergence d'une vision plus fondamentale, mieux partagée par tous, est un exercice difficile. Le risque encouru est alors de se polariser sur certains aspects, certains points de vue. Seuls le dialogue et la discussion autour de ces différents points de vue permettent de créer cette vision commune.

L'expression des recommandations formulées par Senge [98] s'appuie sur les apports respectifs et interactionnels de cinq disciplines. La schématisation de ces apports (figure 21) permet d'esquisser l'architecture d'une démarche globale d'implémentation que ne propose pas l'auteur. Cette absence de proposition pose la question des moyens concrets à déployer pour permettre le passage de ces concepts à des pratiques industrielles réelles.

Selon Probst & Buchel [89] qui se basent sur une analyse bibliographique importante du domaine, trois niveaux d'apprentissage permettent de déployer ces principes :

- l'apprentissage par adaptation aux objectifs et buts fixés par l'entreprise grâce à la maîtrise des facteurs contextuels,
- l'apprentissage par construction lors d'une remise en cause des normes et valeurs organisationnelles et d'une restructuration générale du cadre de référence,
- l'apprentissage de processus par la conscience de l'organisation et des individus qui la composent, de la nécessité d'apprendre à apprendre notamment grâce à la compréhension des mécanismes mis en œuvre au cours des deux niveaux précédents d'apprentissage.

L'initialisation et le développement de l'apprentissage organisationnel sont mis en œuvre au travers d'actions, de projets de l'entreprise dont les objectifs annoncés sont autres que cet apprentissage lui-même. La mise en œuvre d'une démarche d'apprentissage organisationnel passe par l'intégration dans ces projets des outils et pratiques qui permettent aux membres de leurs groupes :

- *de disposer et de comprendre des représentations des systèmes complexes étudiés,*
- *d'établir les objectifs réels de chacun,*
- *de faire émerger les représentations individuelles de l'existant,*
- *de se créer une représentation commune de cet existant,*
- *de développer une synergie des intelligences dans un nouveau mode de fonctionnement.*

Au-delà de ces recommandations, les moyens de leur déploiement sont à concevoir dans chaque situation. Ces éléments forment donc essentiellement les « critères » d'un cahier des charges de méthode « apprenante ». Ces critères doivent être pris en compte pour le développement de toute méthodologie de projet qui se veut, parallèlement à son objectif d'action immédiate, support au développement de l'apprentissage organisationnel.

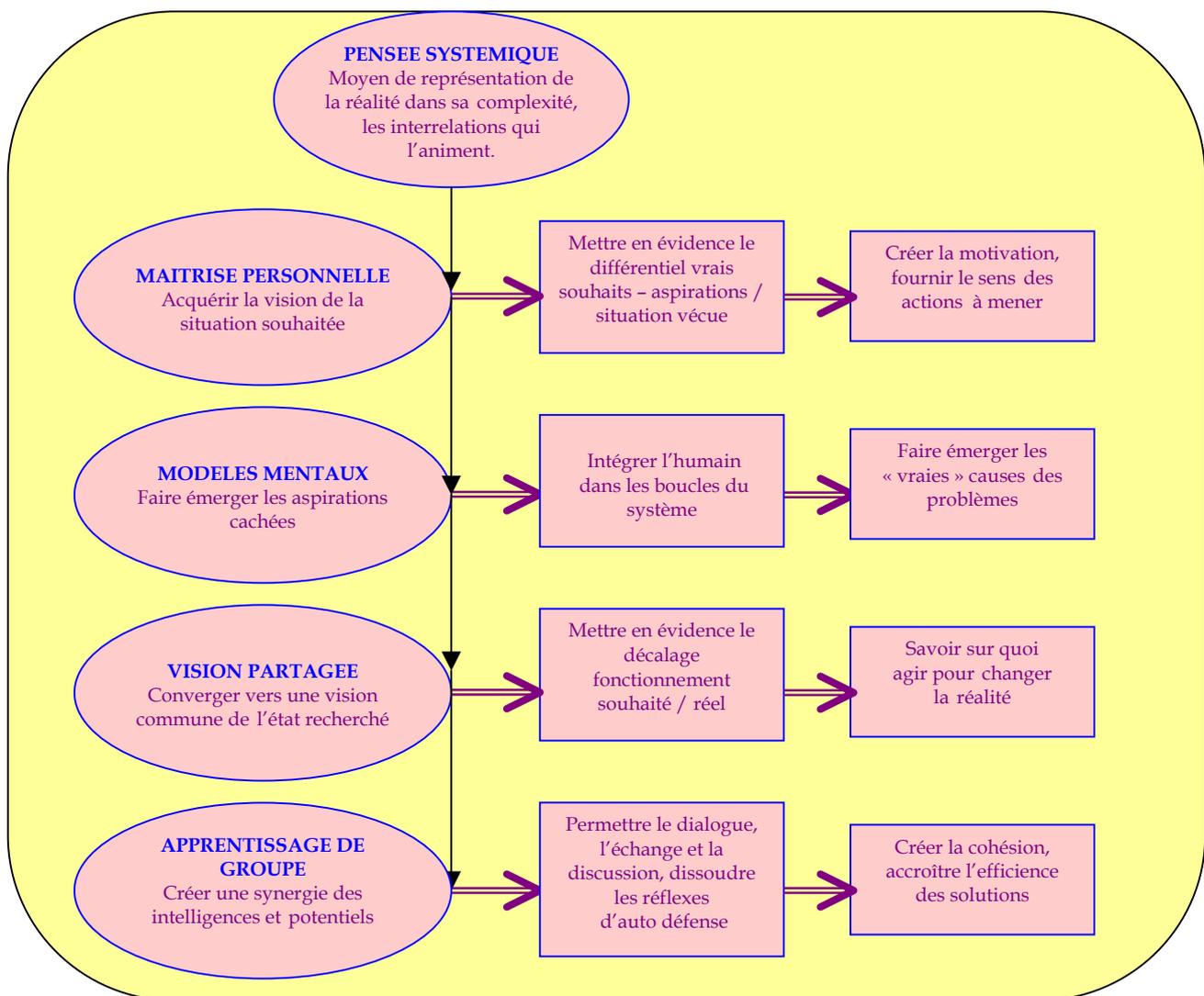


Figure 21 : Synthèse des apports et interactions de chacune des disciplines à développer au sein d'une organisation intelligente (d'après Senge [98])

2.5.4. Synthèse

Le développement d'organisations intelligentes est tributaire de l'acquisition préalable par ces organisations de capacités à :

- effectuer une approche systémique de son fonctionnement,
- synthétiser les points de vue pour aboutir à une vision commune de l'existant,
- créer une vision commune et évolutive de l'objectif à atteindre,
- mesurer l'écart entre cet existant et l'idéal souhaité.

L'intégration de ces caractéristiques doit être initiée par l'entraînement d'un comportement actif de l'ensemble des membres de l'entreprise. Les projets de résolutions de problèmes organisationnels fournissent cette possibilité. Cependant, pour répondre aux conditions établies, leurs pratiques et outils doivent permettre :

- de constituer des groupes de travail qui au travers :

- des membres qui les composent,
- des informations dont disposent ces membres

représentent l'ensemble des points de vue qui peuvent être portés sur le système étudié

- d'utiliser des outils de représentation du fonctionnement du système qui respectent les principes de l'approche systémique et soient le point de départ d'une élaboration commune de l'existant. Ce dernier point implique que cette construction ne peut être le résultat d'un travail isolé d'expert(s) mais celui d'un groupe de travail opérationnel.
- Ce groupe de travail doit pouvoir être guidé dans sa réflexion pour établir l'état idéal commun du système auquel il souhaite aboutir et pour identifier les actions qu'il veut déployer pour y arriver.

La méthode d'amélioration ne peut prétendre à des résultats pertinents à court et long termes que si elle s'appuie essentiellement sur les membres de l'organisation pour résoudre les problèmes à traiter.

Les principes proposés au travers des méthodes de management :

- *identifient les caractéristiques que doivent acquérir les organisations pour s'orienter vers un apprentissage organisationnel*
- *ne proposent pas d'instrumentation de ces principes qui permettent leur intégration dans le mode de fonctionnement des entreprises*

Ces principes sont donc à prendre en compte dans la définition des pratiques à mettre en œuvre dans les actions concrètes. Les pratiques et les outils des projets d'amélioration doivent être sélectionnés et développés dans le souci de favoriser :

- *la motivation des membres en offrant des voies d'actions*
- *l'émergence des vraies causes aux problèmes*
- *l'identification des leviers d'actions*
- *la cohésion du groupe pour une réelle efficacité des solutions*

2.6. Synthèse générale

Au terme de cette deuxième partie nous retenons de ce chapitre que n'avons pas identifié de méthode industrielle d'amélioration des processus qui satisfasse aux différents critères que nous avons définis comme déterminants. Cela signifie que nous identifions une lacune méthodologique qui justifie du manque d'efficacité des projets industriels exécutés dans cette optique et dans la maîtrise d'œuvre qui est confiée au personnel d'encadrement. En revanche, les méthodologies beaucoup plus poussées qui sont employées dans le cas des projets de ce type appliqués à des produits et procédés peuvent apporter un début de proposition de réponse à ce problème. Notamment pour architecturer la phase d'identification et d'analyse du besoin. De plus, les méthodes et pratiques employées dans ces projets accordent très peu de place aux acteurs des processus alors que nous avons montré que nous considérons leur intégration comme primordiale pour :

- faire émerger les pratiques réelles mises en œuvre dans le fonctionnement de l'entreprise
- leur permettre une appropriation du projet et des solutions qui en sont issues afin de lutter contre le refus du changement
- de leur permettre d'enrichir leur perception du fonctionnement de l'entreprise et de ses finalités. Cette évolution nous apparaissant comme la seule voie future à développer pour limiter justement l'apparition de ces problèmes organisationnels.

La volonté de donner une place prépondérante à ses acteurs dans le groupe de projet à réunir exacerbe une autre lacune des méthodes actuelles. En effet, ces méthodes ne recherchent pratiquement pas l'appui d'outils de créativité pour faciliter la phase de recherche de solutions. Or si la définition des grands concepts de gestion à respecter relève des choix stratégiques de la direction, leur implantation induit des problèmes opératoires et de gestion dont les solutions sont à imaginer en fonction des contextes spécifiques. Le bilan que nous avons établi est que pourtant ces solutions sont essentiellement le fruit d'un transfert de l'expérience d'experts. Proposer au groupe de projet des outils du type de ceux employés en conception de produits pourrait alors faciliter l'émergence de solutions originales, adaptées et adoptées dans la pratique. Dans cette perspective, nous considérons que TRIZ est la méthode de créativité qui peut fournir l'apport le plus complet de par le fait de la multiplicité des principes de lutte contre les barrières psychologiques qu'elle propose. Mais également du fait des bases de concepts de solutions qu'elle comporte qui forment un support, même si ce dernier est conceptuel, à la réflexion du groupe. Enfin, les principes de bases de TRIZ qui postulent sur l'existence de conflits à modéliser et résoudre sous tendent une forme d'analyse des systèmes similaire à celle à laquelle nous avons à satisfaire. Ce parallèle apparaît de façon particulièrement forte lorsque l'on considère les modélisations de graphes de causalités tels qu'ils sont proposés dans la méthode IWB. Cette nature de formulation permet en effet de faire apparaître les boucles de causalités et phénomènes d'influence présents au sein des systèmes. L'utilisation de ce formalisme de représentation des phénomènes au sein d'un système complexe permettrait alors de satisfaire au besoin d'un outil de modélisation des systèmes complexes destiné à un groupe de travail non expert en systémique.

2.6.1. Les lacunes de la phase d'identification du problème

Au-delà de l'exploitation des outils classiques de gestion de projet : planning, budget, délais... Cette phase initiale est globalement peu formalisée dans la première recherche d'informations qu'elle demande pour l'établissement du cahier des charges projet et solutions. Cette constatation concerne aussi bien les méthodes produits qu'organisationnelles.

L'ensemble des méthodes étudiées comporte des premières étapes de réunions –soit avec un groupe de travail soit avec des représentants de la direction – destinées à nommer le problème et à en définir les conséquences.

Elle devrait également proposer des moyens pour :

- situer le périmètre du sujet étudié :

- le système en cause et le niveau des modifications qui y sont autorisées
- historique du problème
- de son incidence par rapport aux objectifs globaux de l'entreprise
- obtenir le point de vue porté par la direction sur ce problème
- identifier les membres de l'entreprise devant intervenir ponctuellement ou de façon continue dans le projet. Le choix de ces membres devrait être conduit de façon à réunir la possibilité de confronter les différents points de vue des acteurs interagissant avec le système lieu du dysfonctionnement.

2.6.2. Les lacunes de la phase d'analyse du problème

Au terme de cette étape les données et informations réunies devraient permettre :

- de connaître les interactions existantes entre le système source du dysfonctionnement et son environnement,
- de disposer d'une décomposition organique du système,
- de disposer d'une représentation du fonctionnement du système et des mécanismes induisant le dysfonctionnement au travers des différents niveaux systémiques présents,
- d'identifier le niveau du système sous lequel le problème sera abordé,
- de disposer d'une synthèse des besoins à satisfaire qui intègre les attentes clients, les objectifs de la direction et les contraintes opérationnelles.

Dans le cas des systèmes technologiques ces deux premiers points peuvent être satisfaits grâce à l'exploitation de l'Analyse Fonctionnelle.

En revanche, pour les systèmes organisationnels cet outil ne peut être que l'un des moyens à employer. La recherche d'information doit être complétée par des outils permettant d'appréhender les dimensions dynamiques de ces systèmes.

Par ailleurs, dans les deux cas d'emplois – systèmes technologiques et organisationnels – le sujet de la définition globale du besoin à satisfaire est mal traité. Des recherches préalables d'informations peuvent permettre d'identifier le fonctionnement théorique du système, les objectifs de la direction et les attentes des clients. En revanche la clarification des causes du dysfonctionnement et l'incidence des pratiques informelles mises en œuvre ne peuvent être que l'aboutissement d'une réflexion collective. Cette réflexion est à mener par les acteurs directement liés à l'obtention de ce système – cas des systèmes technologiques – ou à son fonctionnement – cas des systèmes organisationnels.

Pour être efficiente cette étape doit reposer sur des représentations des informations formelles réunies jusque là quelle que soit la nature du système étudié. L'analyse de ces informations, les dialogues auxquels elles donnent lieu doivent permettre, dans le cas produit, d'énoncer clairement les dysfonctionnements et les contraintes réelles à prendre en compte pour leur résolution.

En revanche, dans le cas des systèmes organisationnels, cette étape doit être précédée d'une construction par le groupe, d'une représentation de nature systémique du fonctionnement du système. Cette modélisation est indispensable à l'élaboration d'une représentation commune et « réelle » de la situation. Le respect de cette condition conditionne la recherche de solutions de « fond » au problème à résoudre. Il conditionne également l'initiation d'un apprentissage organisationnel. Les graphes de causalités entre les phénomènes proposés par Ideation peuvent fournir un élément de réponse à ce besoin.

2.6.3. Les lacunes de la phase de recherche de solutions

Dans le cas des systèmes organisationnels, les limites de l'originalité et de l'adéquation des solutions dues au seul usage de l'expérience des experts conduisent à :

- restreindre le champ des solutions possibles
- ne pas permettre la prise en compte des connaissances des acteurs des processus
- créer un frein au changement

Par ailleurs, les méthodes destinées à la conception de produits ne proposent pas en elles-mêmes d'outils réellement créatifs mais y renvoient. Parmi les méthodes créatives étudiées ici, TRIZ présente l'avantage par rapport à PAPSA de disposer de bases de concepts de solutions et d'outils de modélisation de problèmes qui facilitent la phase d'analyse : la méthode est plus structurée. Cette structuration a cependant ses limites dont il doit être tenu compte lors des étapes qui précèdent la recherche créative. TRIZ est actuellement déployée soit :

- par des consultants disposant d'une connaissance importante de la méthode qui leur permet de mener de façon intuitive cette phase d'analyse,
- par des concepteurs qui utilisent de façon individuelle un des logiciels basés sur la méthode.

Notre objectif est que cette recherche de solutions soit menée par un groupe de travail et non par des experts ou par un concepteur seul. Qu'il s'agisse d'un problème technologique ou organisationnel nous avons montré que l'efficacité des solutions est liée à cette condition. De ce fait, l'utilisation de TRIZ par ce groupe demande que la structuration des phases amonts de la méthode permette à des non-spécialistes d'utiliser facilement les outils qu'elle propose.

De plus, TRIZ a été développée pour la résolution de problèmes technologiques. Envisager son exploitation pour la résolution de problèmes technologiques conduit à s'interroger sur la validité des concepts de solutions qu'elle propose dans une configuration de systèmes complexes.

2.6.4. Les lacunes de la phase d'évaluation des solutions

Dès lors que la méthode d'amélioration élaborée permet l'émergence de différentes solutions il faut pouvoir disposer de moyens d'évaluation et de sélection des solutions. Cette étape doit permettre tant de compléter et d'enrichir les différentes solutions que d'en mesurer les apports concrets afin d'éviter les jugements subjectifs. L'évaluation par le groupe des différentes solutions au moyen des critères issus de l'analyse fonctionnelle peut être utilisée dans cet objectif.

2.6.5. Les lacunes de la phase d'implantation

Nous ne traiterons pas ici des aspects propres à toute gestion de projet dans cette phase d'implantation puisque nous considérons que cet aspect relève des pratiques de chaque entreprise. En revanche, en ce qui concerne l'aspect lutte contre le refus du changement et développement de l'apprentissage organisationnel nous reportons le traitement de ces points sur les phases qui précèdent. C'est lors du choix des membres du groupe de travail, par leur intégration dans l'analyse de l'existant et la recherche de solutions que ces difficultés peuvent être traitées ce qui n'est pas le cas dans les pratiques actuelles.

Chapitre 3 - Construction du modèle

3.1. Hypothèses

Nous postulons que :

- *Les outils et méthodes d'analyse employés au sein d'une méthode d'amélioration de produit - reconception - peuvent être exploités au sein d'une méthode d'amélioration des processus pour structurer et organiser la phase d'analyse de toute nature de problème.* Cette phase doit alors pouvoir être menée par des responsables industriels de projets d'amélioration. Elle doit conduire de manière rigoureuse, à partir d'une approche globale et informelle d'un dysfonctionnement, à la compréhension des phénomènes physiques ou immatériels qui lui donnent naissance. Cette démarche doit aussi permettre la construction d'une vision commune pour les différents acteurs concernés. Les spécificités des systèmes complexes doivent alors être prises en compte par l'usage d'outils et pratiques de recherche de données et de modélisation de l'existant adaptés et par l'instrumentation des principes de management des organisations intelligentes (voir figure 22).

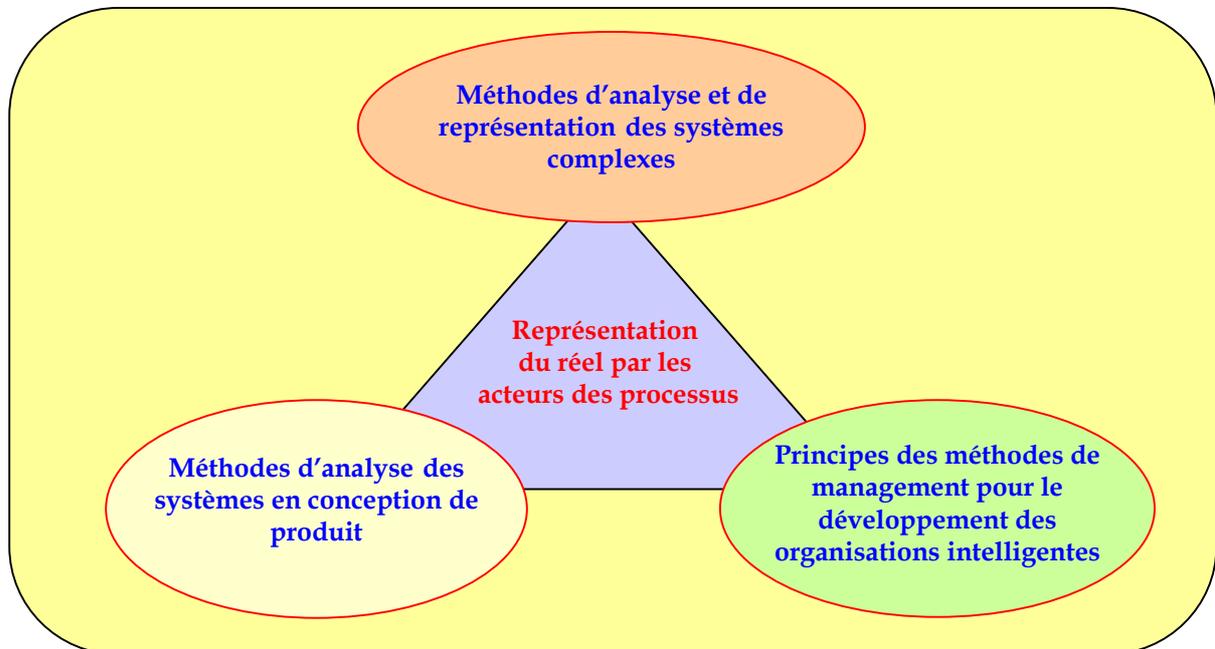


Figure 22 : Apports méthodologiques requis pour l'obtention d'une représentation du fonctionnement réel des systèmes organisationnels

- *Le déterminisme des concepts de solutions de TRIZ, incompatible avec des applications en domaine complexe, n'est qu'apparent, et n'empêche pas en réalité son emploi pour les organisations.* La multitude de combinaisons de voies d'évolution des systèmes dont son usage offre la possibilité rompt cet apparent déterminisme. Cette caractéristique autorise son emploi comme outil de créativité pour la résolution de problèmes organisationnels et permet de faciliter la recherche de solutions. En effet, les membres du groupe, doivent pouvoir disposer d'aide pour rechercher des solutions dans un domaine – celui de l'organisation - dont ils ne sont pas des spécialistes même s'ils en font partie. TRIZ est le seul outil créatif à offrir une aide concrète sous la forme de propositions de concepts de solution. Son emploi doit permettre à un groupe de réellement s'approprier la totalité de la méthode d'amélioration et donc ses résultats à court et long termes.

- *Un apprentissage organisationnel peut être initié par l'association de ces pratiques construisant une compréhension commune au groupe du contexte et du problème, et par l'usage d'outils et de méthodes de créativité en phase de recherche de solutions (voir figure 23). Ces séances créatives vont alors permettre de finir de créer le lien entre les membres du groupe et lui permettre une appropriation des solutions issues du projet. Cette appropriation est indispensable pour que ces projets d'amélioration se traduisent par des actes concrets après études.*

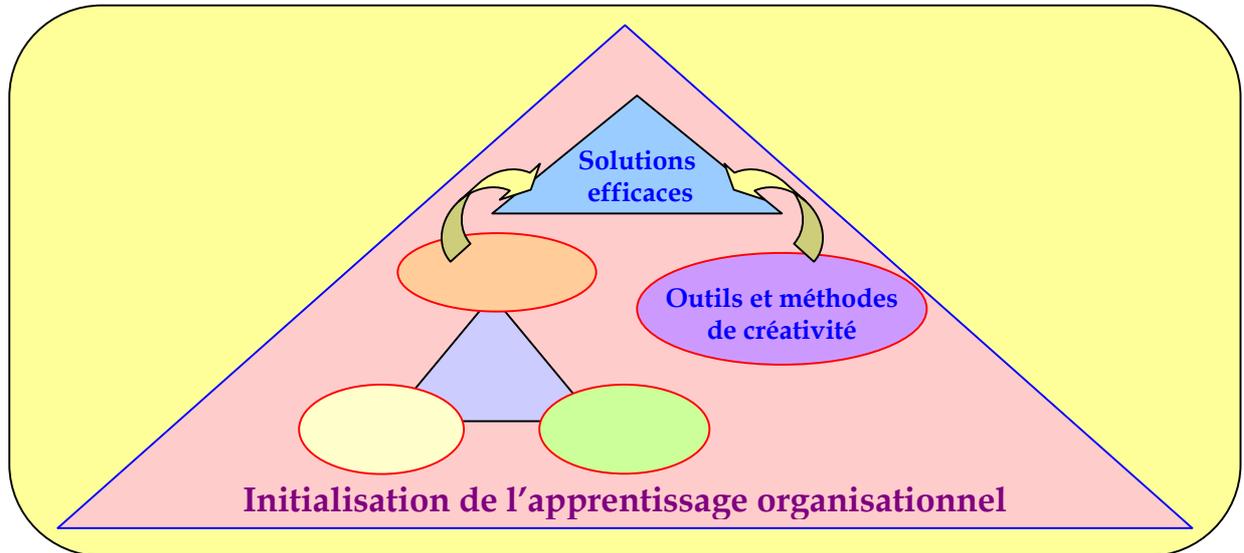


Figure 23 : Apports méthodologiques requis pour initialiser l'apprentissage organisationnel

3.2. Les implications relatives à l'utilisation de TRIZ

3.2.1. Genèse et fondements

L'abréviation russe TRIZ (« Teorii Resheniya Izobretatelskix Zadach ») peut se traduire par « Théorie de Résolution de Problèmes d'Innovation ». Cette méthode a été développée en ex- Union Soviétique par Altshuller et ses assistants depuis la fin des années 40. Elle vise à systématiser la pensée créatrice en offrant une méthode basée sur :

- la compilation des concepts de solutions issus de l'analyse de près de 3 millions de brevets,
- la modélisation des processus créatifs de grands inventeurs (Thomson, de Vinci...),
- les principes d'évolution des espèces et systèmes naturels.

Les recherches sur TRIZ se fondent sur deux hypothèses :

- des principes d'évolution universels sont à la base de l'innovation,
- ces principes, synthétisés sous formes de concepts, peuvent être employés pour accélérer le développement de systèmes technologiques.

Ces hypothèses sont issues de travaux d'études qui ont mené au double constat suivant :

- la majorité des brevets innovants met en œuvre des moyens d'éliminer des contradictions au sein des systèmes technologiques (on nomme ici contradiction un conflit survenant lorsqu'un paramètre donné du système à améliorer ne peut l'être sans nuire à un autre),
- beaucoup d'inventions propres à des secteurs distincts de l'industrie sont basées sur les mêmes principes ou effets sous-jacents.

Sur la base de ce constat, Altshuller et ses collaborateurs ont tenté d'automatiser le processus créatif. Pour ce faire, ils ont élaboré différents outils permettant de le mettre en œuvre. La démarche récurrente employée avec ces différents outils est représentée dans la figure 24.

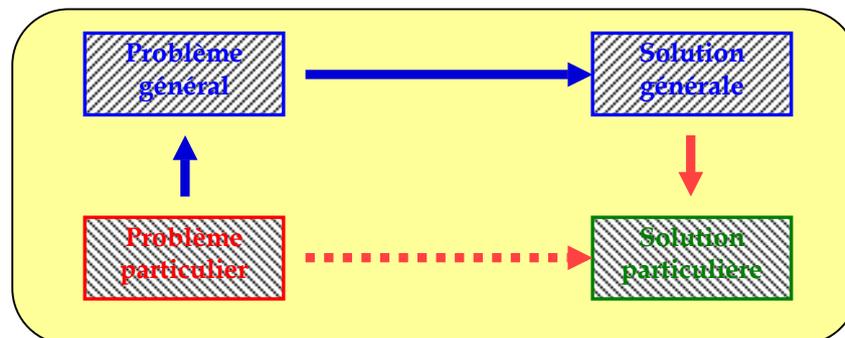


Figure 24 : Démarche générale.

Les flèches symbolisent la transition d'une formulation du problème ou de sa (ses) solution(s) à une autre. Aux flèches sombres correspondent les différents outils TRIZ (paramètres, principes, standards), exposés partiellement ci-dessous. Il n'existe pas à ce jour d'outil facilitant le retour à la solution spécifique.

Partant du problème particulier à résoudre, on le modélise afin de le rapprocher d'un problème standard pour lequel des concepts de solutions ont été identifiés. Le ou les concepteurs utilisent ensuite ces concepts pour chercher à résoudre le problème initialement posé.

Plusieurs enchaînements d'outils sont disponibles pour déployer ce processus créatif [9, 11] :

- Contradiction technique – Matrice des contradictions
- Modèles Substances-Champs (S-Fields dans la littérature anglo saxonne) – Solutions standards

- Contradiction physique - Principes de séparation

Par ailleurs, l'ensemble des concepts a été synthétisé au sein des lois d'évolutions (le lecteur souhaitant plus d'informations sur les outils de TRIZ trouvera en annexe 2 des fiches outils les concernant).

Les spécialistes de TRIZ différencient deux types de contradictions [33, 51] :

- les contradictions techniques, quand un paramètre donné ne peut être amélioré sans nuire à un autre,
- les contradictions physiques, lorsque les caractéristiques liées à un objet sont contradictoires.

La recherche TRIZ a identifié 40 « principes inventifs » susceptibles de résoudre les contradictions techniques et quatre principes de séparation destinés à répondre aux contradictions physiques. On notera que tout problème peut être exprimé simultanément selon ces deux formes selon le niveau du système auquel on le considère [116].

➤ **Contradictions techniques – Matrice des contradictions**

TRIZ associe la résolution des contradictions techniques à l'utilisation d'une matrice regroupant une série de 40 principes d'invention. Cet outil est le plus fréquemment employé car le plus accessible aux non experts. Ces principes sont utilisés pour résoudre les contradictions modélisées au moyen de 39 paramètres généraux caractérisant les fonctions utiles (FU) et néfastes (FN) en opposition dans le système étudié.

	Worsening Feature →	Volume of moving object	Speed	Force (Intensity)	Stress or pressure	Shape	Reliability	Object-generated harmful factors	Ease of operation	Ease of repair	Device complexity	Difficulty of detecting and measuring
	Improving Feature ↓	7	9	10	11	12	27	31	33	34	36	37
9	Speed	7, 29, 34	+	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	11, 35, 27, 28	2, 24, 35, 21	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16
10	Force (Intensity)	15, 9, 12, 37	13, 28, 15, 12	+	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	3, 35, 13, 21	13, 3, 36, 24	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19
11	Stress or pressure	6, 35, 10	6, 35, 36	35, 10, 21	+	35, 4, 15, 10	10, 13, 19, 35	2, 33, 27, 18	11	2	19, 1, 35	2, 36, 37
12	Shape	14, 4, 15, 22	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	+	10, 40, 16	35, 4, 16	32, 15, 26	2, 13, 1	16, 29, 1, 28	15, 13, 39
15	Duration of action of moving object	10, 2, 19, 30	3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	11, 2, 13	21, 39, 16, 22	12, 27	29, 10, 27	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35
33	Ease of operation	1, 16, 35, 15	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	17, 27, 8, 40		+	12, 26, 1, 32	32, 26, 12, 17	

Figure 25 : Utilisation de la matrice des contradictions (d'après Domb [37])

Les lignes et colonnes sont sélectionnées d'après la formulation de la contradiction technique. Les nombres à leur intersection réfèrent aux principes de solution (voir annexe 2) les plus aptes – a priori – à résoudre la contradiction donnée.

Ces paramètres représentent eux-mêmes les éléments les plus fréquemment impliqués dans les améliorations proposées dans les brevets étudiés (voir annexe 2). Une fois le problème exprimé sous forme de *contradiction technique*, l'étape suivante consiste à rechercher les principes associés dans la matrice des contradictions (Figure 25 et annexe 2). Il s'agit donc d'identifier, le plus précisément possible, les lignes et les colonnes traduisant respectivement les paramètres utiles et néfastes du problème. Les nombres à leurs intersections indiquent les principes les plus susceptibles d'apporter une solution au problème et de conduire à une solution innovante plutôt qu'à un compromis. Il est à noter que ces principes ne constituent pas des solutions finales aux problèmes mais plutôt des voies à explorer plus avant, des « *stratégies performantes de génération d'idées* ».[64]

➤ Modèles S-Fields – Solutions Standards

De façon analogue aux principes et à la matrice des contradictions, les solutions standards sont indissociables des S-Fields. Les problèmes modélisés avec les S-Fields peuvent s'exprimer sous des formes autres que des contradictions. Dans ces modèles le problème est énoncé au travers de la relation (champ – énergie) unissant deux composants / sous-systèmes / systèmes plus globalement nommés substances. Cette relation peut être présentée comme normale, insuffisante, excessive... Un algorithme simple associe le modèle élaboré à des classes de solutions comprises parmi 76 solutions standards. Il existe plusieurs formulations, plus ou moins complexes, de cet algorithme. Nous en donnons une forme simplifiée et pratique en annexe 2.2.

Principes et Standards sont deux outils très proches, différant uniquement par leur mode de représentation qui fait des Standards un outil plus général, à la vision plus globale et systémique.

➤ Contradiction Physique - Principes de séparation.

Les 4 principes destinés à résoudre les contradictions physiques sont les suivants :

- séparation dans le temps,
- séparation dans l'espace,
- séparation sous condition (« changement de phase »),
- changement de niveau : Séparation en sous-systèmes ou passage à un super-système.

Cet outil, dont les propositions sont plus généralistes que celles de 40 principes, permet de mieux percevoir l'approche « systémique » sous tendue dans TRIZ. L'utilisation de ces principes induit plus une conduite d'analyse du problème que des solutions mêmes. Les pistes de réflexion qu'il offre induisent des interrogations sur :

- les relations physiques entre les différents niveaux du système,
- l'évolution de ce système dans le temps,
- les relations fonctions / structures choisies pour concevoir le système étudié.

➤ Lois d'évolution.

Le constat a été dressé à travers TRIZ que l'évolution des systèmes techniques n'est pas un processus aléatoire mais qu'elle est gouvernée par certaines lois. Ces lois sont utilisées pour pronostiquer comment un système donné peut évoluer au cours des étapes futures de son existence.

Huit lois sont généralement identifiées ; leur nombre et leur nature peuvent cependant varier en fonction de leur auteur et de la date de leur formulation [4, 40]. Toutes ces formulations conservent néanmoins des points d'ancrage communs. On y retrouve systématiquement, par exemple, la loi fondamentale ou loi du système idéal (« Ideal System ») dont la définition se rapproche de celle de la Valeur en Analyse de la Valeur. Dans un système idéal, la fonction recherchée est obtenue sans qu'aucune ressource ne soit consommée. Si cette solution idéale ne peut jamais être atteinte, le rapport fonction / ressource est destiné à augmenter au fil du temps. Cette référence est la seule qui soit faite dans TRIZ à la poursuite d'un objectif. C'est là un des points faibles de la méthode car la définition de cet objectif demeure vague en terme de critère d'évaluation. Au-delà du problème à résoudre quels sont les critères d'acceptation ou de refus des solutions imaginées ? Comment définir les apports respectifs de ces solutions non pas seulement vis-à-vis du problème à résoudre mais de son influence sur la valeur globale du système étudié ?

D'autres lois soulignent la tendance du système à englober avec le temps un nombre croissant de fonctions, à changer la nature de champ (énergie permettant l'obtention d'une fonction) employé pour obtenir la fonction principale.

Il est intéressant de noter combien les lois d'évolution peuvent paraître – a priori – adaptées aux

problèmes non technologiques. Elles décrivent, en effet, des tendances et des modes d'évolution universels (qui, en effet, n'a pas pour perspective le « Cheminement vers l'idéalité » ?) qui dépassent le simple cadre du produit. Les plus générales d'entre elles semblent directement transposables au domaine de l'organisation et les voies qu'elles préconisent peuvent se résumer en deux principaux modes d'évolution :

- Une évolution intrinsèque, par une meilleure utilisation des ressources disponibles au sein même du système ;
- Une évolution extrinsèque intervenant préférentiellement lorsque la disponibilité de ces ressources s'est tarie ; La seule voie d'amélioration alors envisageable réside dans l'emploi d'une nouvelle technologie pour l'obtention de la fonction principale du produit.

TRIZ comporte différents outils de représentation du problème et des bases de données de concepts de solutions. Les outils de modélisation du problème permettent de réaliser, sous des formes spécifiques à l'outil employé, une standardisation du problème qui permet de guider la sélection des concepts de solutions les plus appropriés. Parmi ces outils, les lois d'évolution constituent un outil particulier au sens où elles regroupent un grand nombre des concepts des bases de données. De ce fait, l'établissement d'un parallélisme entre ces lois d'évolution propres aux systèmes technologiques et celles des systèmes organisationnels établirait la justification au transfert de l'usage de la méthode.

3.2.2. Forces et faiblesses des pratiques de mise en œuvre de TRIZ

Ainsi que nous l'avons indiqué dans le paragraphe 3.2.1, les bases de concepts de solutions ne constituent pas pour nous l'unique point fort de la méthode. Leur intérêt est renforcé par l'analyse du système étudié qu'induit l'usage des outils associés à la méthode.

Principes de séparation	Exemples de principes de la matrice sous tendant les mêmes concepts		Exemples de solutions standards sous tendant les mêmes concepts	
	Intitulé	Exemple de recommandation	Intitulé	Exemple de recommandation
Dans le temps	Compensation anticipée	Prévoir une contre-action	Adapter les rythmes des sous-ensembles	Si deux sous-ensembles sont incompatibles ou indépendants, l'action de l'un peut se faire durant l'arrêt de l'autre.
Dans l'espace	Segmentation	Diviser un objet en plusieurs parties indépendantes	Éliminer ou neutraliser un effet néfaste	Si 2 substances en contact interagissent de façon néfaste, intercaler un élément.
Sous condition	Transition de phase	Réaliser une action durant le changement de phase d'une substance.	Éliminer ou neutraliser un effet néfaste	Utiliser un changement de caractéristique de la structure (ex : point de Curie/magnétisme)
Changement de niveau	Remplacer le système mécanique	Remplacer un système mécanique par un système optique, acoustique...	Renforcer l'effet entre 2 substances	Affiner la granularité de l'un des composants

Tableau 23 : Illustrations des similitudes de concepts sous tendus dans les différentes bases de données de TRIZ

Cet aspect, peu mis en exergue par les spécialistes, nous semble pourtant primordial. En effet, il démontre que l'utilisation des outils de TRIZ n'est pas uniquement destinée à proposer des concepts de solutions. Elle introduit un questionnement forçant les concepteurs à valider les résultats de la phase d'analyse et éventuellement à mener cette analyse si elle n'a pas eu lieu.

Ainsi l'interprétation d'un certain nombre de concepts de solutions proposés « promène » le concepteur ou le groupe :

- dans les différents niveaux des systèmes – systèmes, sous systèmes, composants, matériaux, énergies...,
- dans les différentes étapes de vie de ce système,
- Dans sa relation avec son environnement.

Chacune des bases de données de concepts comporte des recommandations de ce type. Mais, dans chaque cas, la forme de la recommandation est exprimée différemment (voir tableau 23). Cette diversité permet de démultiplier les points de vue sous lesquels le problème est analysé pour peu qu'il soit modélisé avec les différents outils proposés dans TRIZ. De cette façon, la compréhension du fonctionnement du système à laquelle peut parvenir le concepteur est très proche de celle recherchée dans l'approche systémique. L'utilisation ordonnée et encyclique des différents outils de TRIZ peut être obtenue grâce à l'algorithme ARIZ [110, 112]. ARIZ [5, 102] constitue d'ailleurs la seule méthode formalisée d'emploi des outils de TRIZ.

ARIZ est un algorithme développé afin de faciliter la résolution d'un problème non standard. Que signifie ici « non standard » ? L'utilisation indépendante de la matrice des contradictions ou des S-Fields facilite une recherche de solution par l'exploitation d'une réflexion analogique. Dans le cas d'ARIZ, la situation est différente. Selon Altshuller, ARIZ est destiné à faciliter la recherche de solutions pour les seuls 5% de problèmes dont le solutionnement relève réellement de l'innovation. Pour y parvenir, autrement que par le hasard ou grâce à un « trait de génie », il est nécessaire de briser l'Inertie Psychologique qui entrave, à des degrés divers, le potentiel créatif de tout individu. Toute l'organisation d'ARIZ repose sur cet objectif. Par ailleurs, des recommandations pratiques associées telles que l'utilisation de mots simples qui ne soient pas spécifiques au métier, la prise en compte de différentes versions du problème, de son intensification ... sont autant de moyens pour pousser le concepteur à ouvrir son angle de vision du problème.

De plus, ARIZ est destiné à permettre au concepteur de passer d'une idée vague du problème à traiter, à un énoncé clair et précis. Cette reformulation doit aboutir à l'énoncé d'une contradiction physique. L'analyse la plus poussée amène à formuler cette contradiction physique au niveau micro du système. Pour les spécialistes de TRIZ, seul le fait de descendre à un niveau d'analyse aussi fin, mais contextualisé au préalable dans ses liaisons avec les niveaux supérieurs du système, permet de trouver des solutions à des problèmes très compliqués.

La première version d'ARIZ date de 1956, différentes versions ont suivi en 59, 61, 64, 68, 71, 75, 77 et 85. Toutes ont été proposées par Altshuller [3] jusqu'à cette dernière date mais résultent des travaux de l'ensemble de la communauté russe qui travaillait au développement de la méthode. En fonction de la version prise en considération, la nature des outils associés au traitement des contradictions physiques varie. Dans les différentes versions d'ARIZ l'approche par les contradictions physiques est une constante, on y trouve également, en fonction des versions, d'autres outils : contradictions techniques, modèles S-Fields, méthode des Hommes Miniatures, opérateurs DTC...

Dans ARIZ 85, la première partie de l'algorithme destinée à l'analyse, a vu son importance restreinte tandis que l'orientation de la recherche de l'idéalité était renforcée. Cette version d'ARIZ est la dernière proposée par Altshuller. Cependant, d'autres chercheurs/ enseignants ont continué à vouloir développer ARIZ [68, 93]. L'objet principal de ces développements a été de faciliter son enseignement (80 heures d'apprentissage sont recommandées pour maîtriser cette méthode) et son emploi sur des cas réels. Dans cette perspective, il apparaît que dès le début des années 90, les différentes écoles russes ont choisi des orientations divergentes. Ces différences se sont considérablement amplifiées après l'éclatement de ces écoles en sociétés commerciales (aux États-Unis, Israël, Suède, Allemagne...). Pour cette raison il est difficile aujourd'hui de désigner « une » version actuelle d'ARIZ.

Mais surtout nous considérons que les difficultés que pose la mise en œuvre d'ARIZ (temps d'apprentissage et d'utilisation) interdisent à TRIZ de devenir une méthode exploitable industriellement sous cette forme. Or c'est la seule forme méthodologique qui soit proposée pour exploiter la méthode TRIZ. Transmise et exploitée sous cette forme, TRIZ ne pourrait alors être

déployée que par des consultants.

En synthèse, ARIZ est la seule réelle démarche proposée pour mettre en œuvre les outils de TRIZ. Les concepts sous-tendus dans cette méthode sont en adéquation avec certains des besoins inhérents au développement des organisations intelligentes : support à l'analyse dans une perspective cohérente avec l'approche systémique, lutte contre l'inertie psychologique, recherche de solutions innovantes...

En revanche, les phénomènes cognitifs recherchés dans l'application d'ARIZ doivent pouvoir être obtenus de façon beaucoup plus simple, moins « coûteuse » en temps et formation. Sans cela TRIZ ne pourra jamais faire l'objet d'une appropriation par des non experts. C'est pour franchir cet obstacle que les sociétés commerciales issues des écoles de recherche russes ont développé des logiciels basés sur TRIZ. Sans nous étendre sur les apports respectifs de ces produits au regard de la méthode classique (voir [39] pour plus d'éléments sur ce sujet), nous retenons que la limite majeure de ces produits est qu'ils ont été conçus pour la résolution de problèmes technologiques. Pour notre part, nous souhaitons proposer, dans notre travail de recherche, une méthode plus « universelle ».

3.2.3. Les limites de la robustesse de la méthode

Un débat controversé anime actuellement la communauté scientifique internationale quant à l'appellation dont doit être qualifiée TRIZ. Doit-on lui reconnaître l'appellation de science, de théorie, de méthode ou plus simplement de « boîte à outils » ? Notre propos n'est pas ici de nous lancer dans un débat épistémologique mais de définir les hypothèses que nous formulons quant à la robustesse scientifique de TRIZ pour la poursuite de nos travaux.

La traduction française de cet acronyme russe, « Théorie de Résolution de Problèmes Inventifs », devrait résoudre le dilemme énoncé. Cependant, deux éléments importants conduisent à s'interroger sur le bien fondé de cette appellation.

D'une part, nous disposons de très peu d'informations permettant de valider la démarche employée lors de la genèse de TRIZ. Ainsi, par exemple, les nombreux articles et ouvrages, rappelant qu'une étude approfondie d'un grand nombre de brevets (volume fluctuant suivant les auteurs : de 2500000 à 1000000) a été menée, n'expliquent jamais la façon dont cette analyse a été effectuée :

- Quels ont été les critères employés pour la sélection des brevets ?
- Comment leur contenu a été analysé, par qui, sur quelle durée ?
- Quelles bases de données ont été employées ?
- Quelle logique statistique a été choisie pour aboutir à une catégorisation des contradictions et des principes de solution ?

Autant de questions sans réponses dont l'accumulation porte à la réserve.

D'autre part, la découverte de TRIZ par l'occident s'est essentiellement accomplie au travers :

- de deux logiciels basés sur sa théorie (Tech'Optimizer de la société Invention Machine et Innovation Work Bench de la société Ideation),
- de missions en entreprises menées par des consultants d'origine russe.

Parallèlement, les publications parues à son sujet présentent, pour la plupart, un caractère plus « opérationnel » que scientifique (on pourra à ce sujet se reporter aux différentes références fournies sur TRIZ dans la rubrique bibliographique). Même si un grand nombre d'articles ou d'ouvrages rédigés par les auteurs russes [3, 5, 102] prennent pour point de départ l'histoire même de la création de TRIZ, les conclusions des analyses menées sont présentées systématiquement comme des assertions bien qu'elles n'aient pas été démontrées.

Par ailleurs, au travers de ces mêmes publications, on est frappé de constater deux faits récurrents.

- La non-intégration des méthodes occidentales :
 - dénigrement de la méthode des essais-erreurs (pourtant largement employée dans le développement même de TRIZ, il suffit pour s'en assurer d'identifier le grand nombre de versions successives d'ARIZ),
 - refus du Brainstorming ... au sujet duquel on peut émettre l'hypothèse que ces comportements soient, en fait, la résultante de l'influence du modèle de pensée communiste (la psychanalyse et d'autres corpus de connaissances furent officiellement déclarés non-sciences sous Staline, époque à laquelle se situe la création de TRIZ).
- Le simplisme, parfois caricatural, des exemples technologiques fournis pour démontrer la validité des concepts présentés.

Si cette approche peut sembler très sceptique vis-à-vis de TRIZ on se doit, également, de reconnaître la validité des résultats industriels obtenus ce qui, au demeurant, reste son meilleur passeport. Ainsi, de nombreuses sociétés américaines ont eut recours à cette méthode, par le biais des logiciels et des consultants (Procter et Gamble, Exxon, Ford...) ou en développant leur propre méthode autour de TRIZ (Méthode USIT de Ford). Des témoignages industriels internationaux mensuels sont présentés sur des sites comme celui de triz - journal (www.Triz-Journal.com).

Le bilan que l'on peut proposer aujourd'hui du développement scientifique de TRIZ est celui d'une méthode en cours d'élaboration. Différentes grandes écoles et universités étudient ses concepts, et son développement fait aujourd'hui l'objet de travaux de recherche [18]. Dans ce contexte, il apparaît difficile d'apporter la preuve de sa base scientifique. Néanmoins, sa valeur scientifique (au sens efficacité et robustesse de ses prédictions et de ses effets sur un groupe) est attestée industriellement. Selon nous, en raison de la multidisciplinarité des dimensions et savoirs qu'intègre TRIZ :

- technologiques,
- biologiques,
- sociologiques,
- psychologiques,

la base scientifique de TRIZ ne pourra être définie que par un travail commun entre des représentants de ces différentes disciplines. Or si les universitaires de ces différentes disciplines portent un regard de plus en plus intéressé sur la méthode, les travaux qui sont menés demeurent indépendants.

Nous avons donc pris le parti d'accorder à TRIZ, dans nos travaux, une robustesse que nous justifions par :

- la similitude des concepts qu'elle sous-tend avec ceux proposés dans d'autres méthodes et outils occidentaux scientifiquement validés :
 - rapprochement idéalité/Valeur,
 - méthodes classiques de créativité : analogie/inversion...,
 - analyse systémique.

La grande force de TRIZ est d'avoir cherché à regrouper ces différentes approches même si nous considérons que la forme méthodologique actuelle est encore insatisfaisante.

- Le constat d'une réussite industrielle que nous avons pu expérimenter.

Enfin, pour clore ce chapitre, nous ne pouvons que rappeler les propos de Brabandere [29] s'exprimant sur la systémique et la créativité :

« ...il y a bien là ...deux théories sans théorèmes. On parle d'ailleurs de techniques de créativité et d'approche systémique, même si les Américains s'en tiennent à leur « Systems Theory ». L'absence de rigueur apparente, l'impossibilité de la référence scientifique sont un handicap pour les partisans de ces méthodes non conventionnelles de pensée.»

Sans aller jusqu'à reconnaître à TRIZ une dimension scientifique aujourd'hui indémontrable nous avons choisi de lui accorder celle d'une méthode au sens qu'en propose Vadcard [106] 106] à savoir un cadre de réflexion permettant l'agencement et l'exploitation d'outils dans une perspective finalisée. Une part importante de nos travaux d'études a donc consisté à élaborer une structure méthodologique qui structure ce cadre de réflexion. Cette structure a été construite pour faciliter :

- l'analyse des problèmes,*
- l'exploitation des outils de TRIZ lors de la phase de recherche de solutions,*

et combler les lacunes des méthodes classiques d'amélioration mises en exergue dans le chapitre 2.3.

3.3. Applicabilité de TRIZ aux problèmes non-technologiques

3.3.1. État de l'art des recherches actuelles dans ce domaine d'application

Dans sa démarche, comme dans les notions qu'elle véhicule, la méthode TRIZ présente un aspect très général, et les schémas de pensées qui l'accompagnent ne semblent pas se limiter aux problèmes technologiques. Ainsi John Hipple note-t-il [48] :

« Contradictions, however, occur in all facets of a business operation, not just in its engineering and manufacturing functions. There is no reason to think that these same Separation Principles cannot be applied to "soft" or organisational type problems as well. »¹⁹

On ne peut nier la pertinence des contradictions qu'il relève au sein des problèmes organisationnels : travail individuel / travail collectif, affaires internes / affaires externes, passion / objectivité, flexibilité / rigueur, prise de risques / sécurité...

Cependant, TRIZ reste avant tout, dans son usage courant, orientée exclusivement « produit » ou « procédé » et la plupart de ses outils sont façonnés dans ce sens. Pourquoi, dès lors, imaginer qu'il est possible d'appliquer TRIZ aux problèmes non-technologiques ?

De plus en plus d'études sont menées à travers le monde qui visent à tester l'applicabilité de TRIZ à des problèmes divers et a priori éloignés de son champ d'action classique [97]. Ainsi TRIZ a fait l'objet d'essais plus ou moins concluants dans les domaines de :

- l'éducation [74, 113],
- de l'art [2, 108, 114],
- de l'économie [36, 100],
- de la politique [41],
- ...

L'analyse des parutions actuelles relatives à TRIZ montre clairement cette tendance, et les articles mensuels du site « triz-journal » font état de réflexions de plus en plus nombreuses, souvent encore en suspens, sur ce sujet. Beaucoup d'entre elles réduisent, par une décomposition choisie et une habile rhétorique, un problème organisationnel forcément global à un problème lié au produit ou au procédé. Le problème est ainsi ramené aux cas d'application usuelle de TRIZ. D'autres abordent de manière plus frontale le problème : on peut ainsi relever la question de la traduction des outils classiques de TRIZ et de leur adaptation aux problèmes non-techniques. On constate que la plupart des travaux menés jusqu'à ce jour se contentent d'illustrer, à l'aide des principes TRIZ, les évolutions observées, et de constater : « tel système souffrait de telle carence ; Pour atteindre un Résultat Final Idéal, formulable comme suit « ... », il a dû connaître telle évolution, qui corrobore tel principe TRIZ ».

Ce sont donc, le plus souvent, des analogies qui sont relevées a posteriori entre les concepts préconisés par ses outils, et ceux appliqués sans avoir recours à TRIZ, qui sont mis en évidence. Aucune démarche globale n'est proposée permettant le traitement d'un problème de sa détection à son traitement.

Nous pouvons citer pêle-mêle différents travaux :

- le développement par Igor Vikentiev de principes similaires aux 40 Principes d'Altshuller et destinés aux mondes du journalisme et de la publicité ;

¹⁹ Les contradictions, cependant, se produisent dans toutes les facettes d'une opération commerciale, pas simplement dans ses fonctions d'ingénierie et de fabrication. Il n'y a aucune raison de penser que ces mêmes principes de séparation ne peuvent pas tout aussi bien être appliqués au « soft » ou problèmes de types organisationnels.

- les articles 40 Inventive (Business) Principles with Examples et Using the 76 Standards Solutions: A case study for improving the world food supply [35, 70] qui tendent à prouver qu'il est possible d'appliquer les outils classiques à des problèmes organisationnels ;
- la création par les sociétés STC Progress et Ideation de logiciels et modules spécifiques (Tools for Managers, Knowledge Wizard, Problem Formulator, et bientôt Management Wizard)²⁰ ;

Les travaux de Domb [35] constituent la meilleure preuve dont nous disposons de l'applicabilité d'un outil classique de TRIZ (en l'occurrence les 76 Solutions Standards) aux problèmes non-technologiques. Dans ces travaux, l'auteur montre comment certaines de ces solutions standards proposent des concepts similaires à ceux d'outils employés classiquement en organisation de la production et management. Cependant, seules des solutions adéquates y sont développées, et il n'est jamais fait état de la façon dont celles-ci ont été sélectionnées : il semble que l'auteur, n'ayant cherché qu'à montrer la cohérence des Standards avec les problèmes de ce type, se soit contenté d'extraire de leur liste les éléments les plus appropriés. Quoiqu'il en soit, ces travaux laisseraient supposer qu'il est possible d'appliquer deux des outils classiques aux problèmes non-technologiques (l'algorithme de sélection des standards et les standards eux-mêmes). Or, les outils de TRIZ sont intimement liés les uns aux autres comme nous l'avons montré dans le paragraphe précédent. Sur cette base nous considérons que la démonstration de la pertinence de l'un des outils signifie celle de l'ensemble.

La validité et les limites du transfert de ces concepts restent cependant à établir : le travail d'Altshuller, de ses associés et successeurs, prend sa valeur dans la quantité de brevets sélectionnés et analysés. Ainsi Zlotin & Zusman notent :

« One of the most serious problems was associated with the first step, that is accumulating creative solutions in the given area. Altshuller was fortunate in starting with technology as it was the only area with a well documented and comprehensive source of solutions (the patent library). Collecting creative solutions in other areas with sufficient completeness would likely have taken decades given the human and financial resources available at that time. »[114]²¹

En effet, chercher à effectuer un travail heuristique de compilation des données propres au domaine organisationnel pose la difficulté d'obtenir des sources aussi volumineuses et objectives que peuvent l'être les bases de brevets utilisées par Altshuller. Comme nous l'avons noté auparavant, ces outils sont empiriques et la pertinence des critères identifiés n'est « prouvée » que par le nombre de brevets sur lesquels ils se basent. Or, il paraît difficile, et dans notre cas matériellement impossible, d'adopter une démarche analogue pour rechercher les concepts qui ont pu être déployés dans les organisations. La méthode employée communément pour appliquer TRIZ à des problèmes « non-techniques » est d'utiliser les concepts des solutions technologiques pour exploiter le processus analogique de façon similaire et avec les mêmes concepts que ce qui est pratiqué pour la résolution de problèmes technologiques [36, 65, 41]. L'acuité des principes « technologiques », confirmée par le nombre de cas d'applications (réussies), ne semble pas devoir être remise en cause. En revanche, peut-on considérer que la fiabilité de l'original garantit celle de la transposition ?

La question à laquelle nous devons répondre est de déterminer s'il existe réellement une communauté des concepts déployés pour les évolutions respectives des organisations et des systèmes technologiques ? Et en cas de réponse affirmative, est-elle suffisante pour que les bases de données de TRIZ puissent fournir un support créatif riche ? Afin d'établir notre

²⁰ Différents logiciels sont développés et commercialisés par la société Ideation dont certains sont très proches de TRIZ tandis que d'autres se basent plus sur l'exploitation de ses bases de données pour proposer de nouvelles méthodes d'amélioration de la fiabilité des systèmes ou la conduite de projets de prospective.

²¹ Un des problèmes les plus sérieux a été associé à la première étape, celle durant laquelle sont accumulées les solutions créatrices du domaine étudié. Altshuller était chanceux en commençant par la technologie car c'était le seul domaine comprenant une source documentée et complète de solutions (la bibliothèque de brevets). Le rassemblement des solutions créatrices dans d'autres domaines avec la précision appropriée aurait probablement pris des décennies étant données les ressources humaines et financières disponibles à ce moment-là.

propre opinion sur ce sujet nous avons mené deux expérimentations dans le domaine organisationnel. Celles-ci étaient destinées à évaluer l'adéquation des concepts d'évolution proposés par TRIZ avec les formes effectivement déployées dans les systèmes organisationnels. Les résultats obtenus nous ont convaincus de la communauté de certains des mécanismes d'évolutions des systèmes technologiques et organisationnels. Nous présenterons dans le chapitre suivant les résultats obtenus.

3.3.2. Parallèle entre l'évolution des systèmes technologiques et celle des systèmes organisationnels

Les bases de concepts de solutions proposées dans TRIZ expriment les différentes formes d'évolutions que peuvent suivre des systèmes. Le déterminisme apparent de ce positionnement doit cependant être nuancé par le nombre infini de combinaisons auxquelles elles peuvent donner naissance. En effet, une partie des lois d'évolution peut être représentée par des étapes successives. Cependant, pour toute modification du positionnement d'un système le long de l'une de ces lois, son positionnement sur les autres lois est modifié. Ainsi chaque système possède sa propre ligne de vie (figure 25). En ce sens, proposer d'utiliser les bases de concepts de solutions de TRIZ ne signifie pas que l'on propose un modèle déterministe d'évolution. L'effet combinatoire évoqué suffit à éloigner le spectre d'un profil évolutionniste déterministe dont nous avons montré qu'il est incompatible avec les systèmes complexes que sont les organisations. Par ailleurs, nous considérons l'exploitation des concepts de TRIZ non pas directement sur une entité « organisation » globale mais sur les composantes et sous-systèmes qui relient ces composantes des organisations : flux physiques et informationnels, ressources matérielles et humaines.

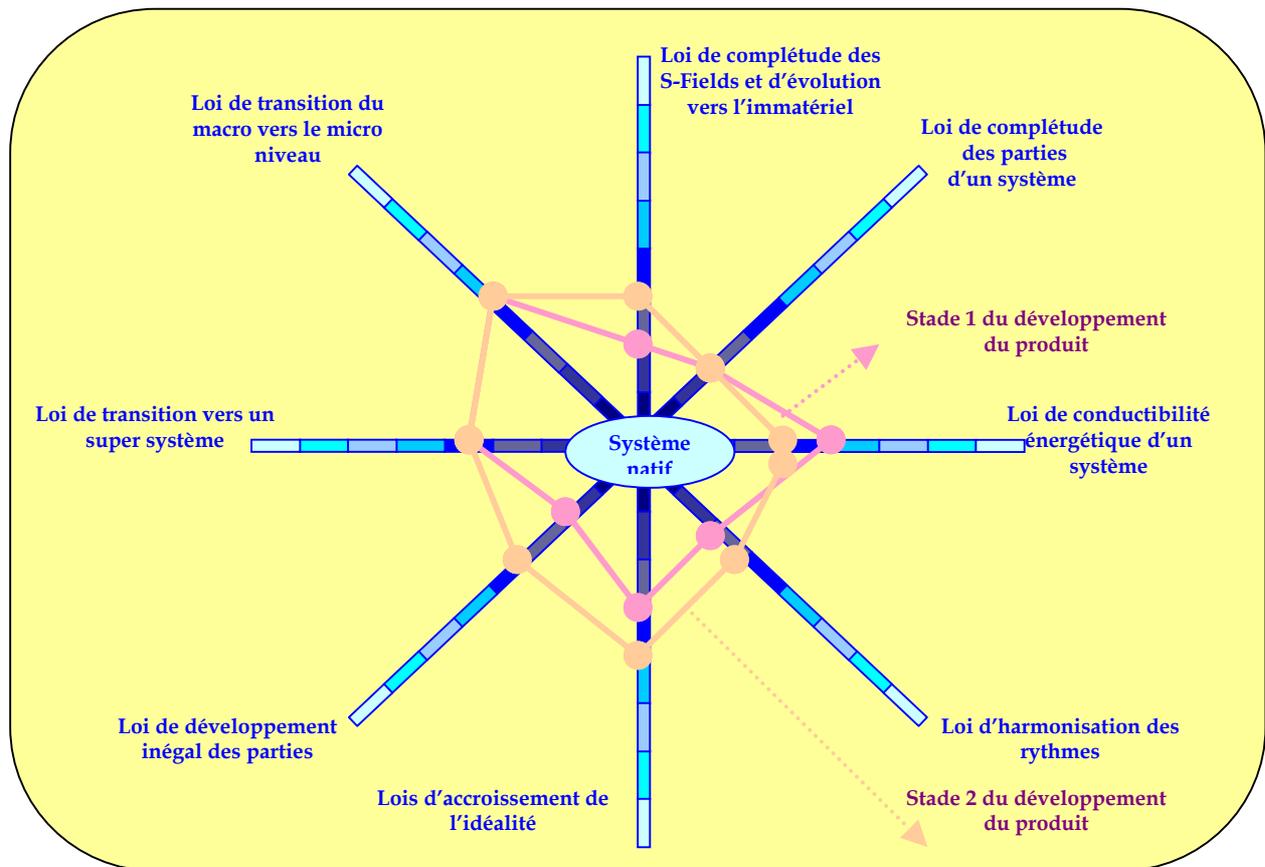


Figure 26 : Lignes de vie d'un système au travers des étapes des lois d'évolution

Nous appuyant sur ce paradigme, nous avons cherché à caractériser l'évolution théorique d'un

système de production destiné à satisfaire un marché de masse. Cette évolution a été schématisée par l'adoption successive des modèles organisationnels (annexe 3.2).

- Artisanal (modèle 1)
- Fordien (modèle 2)
- Organique (modèle 3)

Dans chacun de ces modèles nous avons défini, au regard des contraintes imposées par leurs marchés respectifs, les fonctions utiles fortes des composantes humaines, matérielles, et des flux (physiques et informationnels). Ces fonctions définies pour un modèle (j+1) ont alors pu être comparées à leur caractérisation dans le modèle j. Elles ont été considérées dans ce modèle j comme des fonctions faibles ou néfastes à améliorer pour satisfaire aux évolutions des contraintes du marché : état supposé atteint dans le modèle j+1 (figure 27). Ainsi chaque composante de chaque modèle, a pu être définie par une, ou des, caractéristique(s) utile(s) et faible(s). Ces caractéristiques ont alors servi de base à la formulation des contradictions pouvant être considérées comme les origines du besoin d'évolution du système.

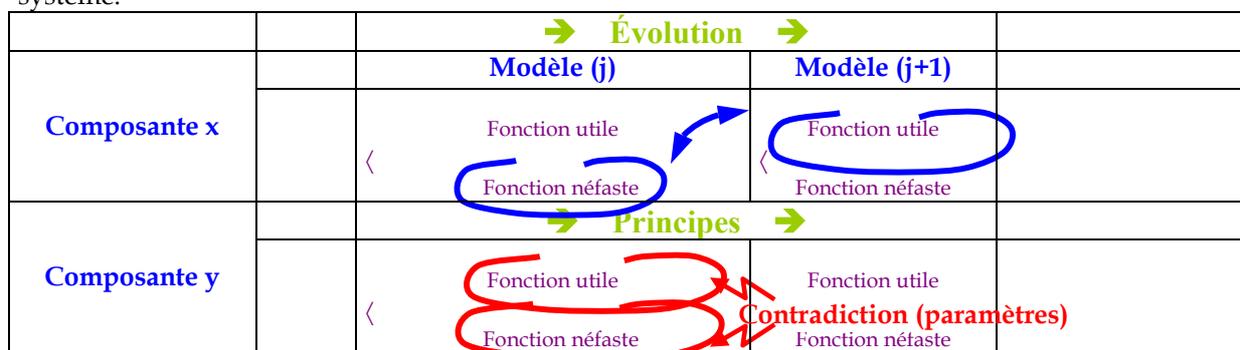


Figure 27 : Modélisation des états des différents modèles au moyen des paramètres / principes

Cette première étape de modélisation a ensuite été utilisée sous deux formes (figure 28) :

- Les concepts organisationnels employés pour chacune des composantes afin de passer d'un état (j) à un état (j+1) ont été comparés à chacun des 40 principes de la matrice des contradictions. Trois matrices partielles ont ainsi pu être reconstruites en reliant les principes identifiés comme effectivement employés avec les paramètres ayant servi à traduire les contradictions identifiées (annexes 3.2 et 3.3).
- A l'inverse, partant des contradictions modélisées au travers des paramètres d'entrées sur la matrice, nous avons recherché les principes proposés par la matrice telle que définie pour la résolution des problèmes technologiques.

En phase 3, le recoupement de ces deux groupes globaux de solutions fait apparaître une communauté de 18 principes de solutions identiques (figure 29).

En terme de résultats, nous retenons que 80% des concepts organisationnels effectifs recensés en phase 1 (toutes composantes confondues : humaines, matérielle et des flux) étaient proposés par les principes de solutions de la matrice.

Les limites afférentes à cette expérimentation sont certaines. Nous avons travaillé ici sur des modèles de problèmes et ceux-ci étaient partiels (nous n'avons pris en compte, par exemple, les cas des composantes structure et systèmes de gestion des organisations). Par ailleurs, les contradictions que nous avons définies ne constituent que des éléments partiels des situations globales qui provoquent des évolutions organisationnelles. Ces précautions concernant les limites de la validité du travail présenté sont destinées à rappeler l'objet de cette étude. Elle n'était pas destinée à définir les concepts de TRIZ technologiques transférables aux problèmes organisationnels mais si une exploitation de l'ensemble des concepts pouvait être envisagée.

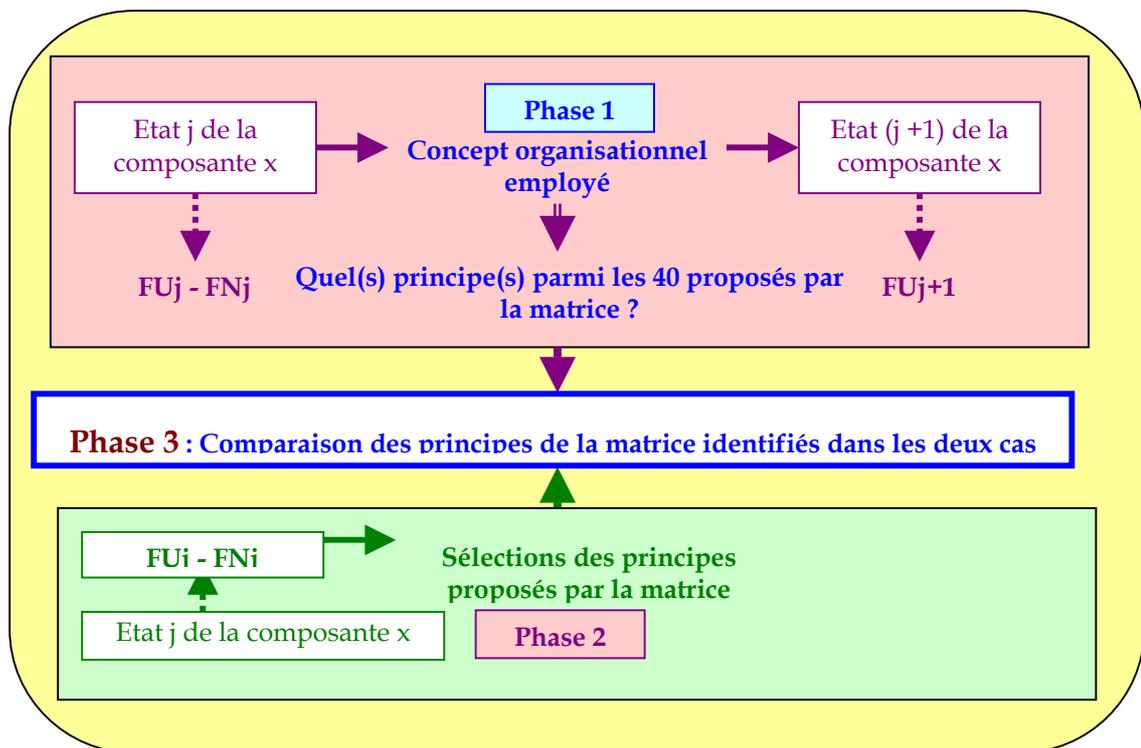


Figure 28 : Schématisation de la démarche d'analyse suivie pour évaluer la validité de la matrice des contradictions dans le cadre du traitement des problèmes organisationnels

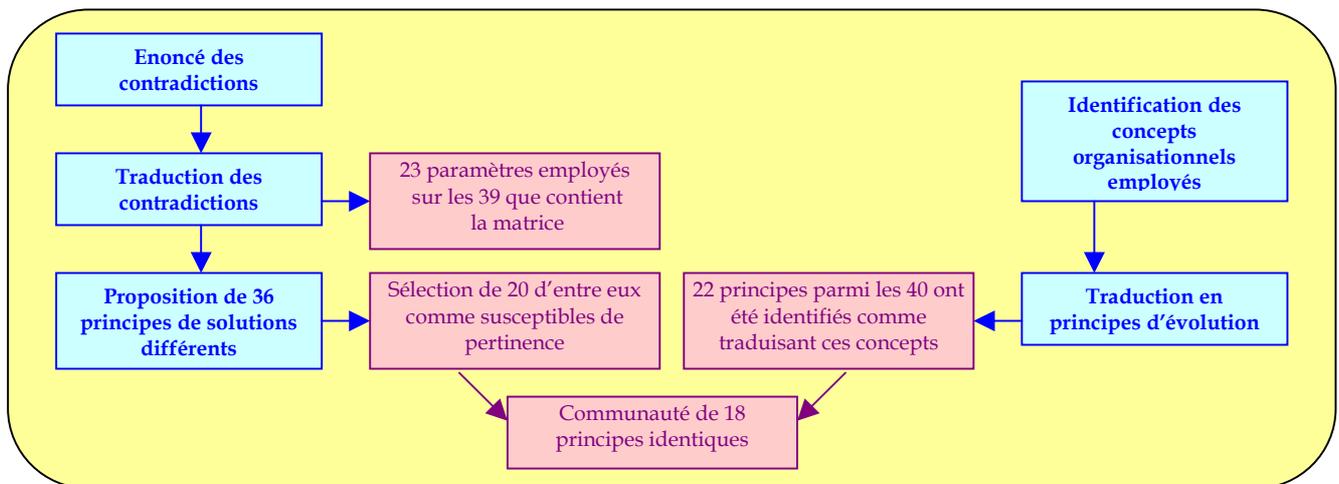


Figure 29 : Communauté de solutions entre les concepts organisationnels effectivement employés et ceux proposés par la matrice

Nous retenons de cette étude les caractéristiques suivantes de TRIZ pour cette application.

- Il est possible de modéliser des problèmes organisationnels avec les paramètres d'entrées de la matrice. Cependant nos expérimentations nous ont permis de mesurer les difficultés éprouvées à cette étape par des personnes non expérimentées à TRIZ et au traitement des problèmes organisationnels. Nos expérimentations nous ont permis de déterminer que cette étape, menée avec les outils classiques de TRIZ, demande la participation d'une personne expérimentée à la méthode TRIZ.
- Les concepts de solutions proposés par la matrice intègrent effectivement des concepts mis en œuvre dans des systèmes organisationnels.

- *Les concepts proposés dans les autres bases de données de TRIZ que celle de la matrice, peuvent effectivement être considérés comme des sources potentielles de solutions.*

Ces résultats ne signifient pas que l'ensemble des concepts qui seront proposés par les bases de données de TRIZ seront pertinents. En revanche, nous estimons ce niveau de pertinence suffisant pour considérer que TRIZ offre un potentiel créatif riche pour la résolution des problèmes identifiés dans les organisations.

3.4. Construction du modèle

3.4.1. Introduction

Nous avons montré au chapitre 3.2.2 qu'il existe une lacune méthodologique en ce qui concerne la mise en œuvre de TRIZ. Il était donc nécessaire de structurer cette mise en œuvre afin de faciliter l'utilisation de TRIZ mais également de répondre aux lacunes identifiées dans les différentes méthodes d'amélioration (voir chapitre 2.3). Ces lacunes sont d'importances et de natures variables selon que l'on considère l'amélioration de systèmes technologiques ou celle de systèmes organisationnels. Ces différents aspects ont été traités successivement.

L'aspect complexe des systèmes organisationnels induisait naturellement des besoins d'analyse des situations et d'élaboration des solutions plus « lourds ». L'originalité de l'intégration d'outils créatifs habituellement employés pour des systèmes technologiques entraînait des contraintes supplémentaires. Il fallait que cette utilisation soit parfaitement maîtrisée dans le cas précis de ces systèmes technologiques avant toute tentative de transfert.

Pour ces différentes raisons nous avons choisi de bâtir notre premier modèle selon les besoins que nous avons définis pour les systèmes technologiques. Ce modèle bâti, expérimenté et corrigé pour des applications technologiques a servi de base à celui des systèmes organisationnels. Nous lui avons apporté des modifications visant à intégrer les éléments propres aux systèmes organisationnels et à notre objectif plus large dans ce cadre, d'apprentissage organisationnel. Cependant, ces évolutions sont demeurées dans un premier temps relativement légères. Ce modèle à lui-même été expérimenté puis corrigé pour aboutir à une nouvelle proposition qui a elle-même été expérimentée.

Dans ce chapitre 3.4 nous détaillons le processus employé et les raisons qui ont guidé l'élaboration du premier modèle : celui conçu dans une pure orientation système technologique. Les évolutions successives de ce modèle telles que nous venons de les évoquer seront détaillées directement à la suite des expérimentations. Nous souhaitons, en pratiquant ainsi, permettre au lecteur de comprendre notre démarche de construction de la méthode.

3.4.2. Protocole d'élaboration du modèle

Une première phase d'analyse documentaire, d'expérimentations des différents outils de TRIZ pour l'amélioration d'un produit industriel [38] et des formations aux logiciels Tech Optimizer et Innovation Work Bench, nous ont permis de proposer une méthode générale [9] essentiellement orientée vers la structuration de la méthode TRIZ. Nous avons ainsi pu spécifier un premier protocole d'étude qui a été déployé au travers de projets industriels d'étudiants que nous avons encadrés. Ces premières études étaient orientées uniquement produit / process.

Le suivi des projets menés en entreprises a permis d'observer les méthodologies effectivement employées et d'être à l'écoute des remarques formulées par :

- les responsables de projets,
- les chercheurs du domaine de la conception de produits et de la créativité
- les industriels impliqués dans ces projets.

Un groupe de travail a été constitué, regroupant les étudiants impliqués dans ces projets et des chercheurs. L'animation de ce groupe nous a permis de mettre à jour :

- les pratiques réellement déployées et les raisons des déviations au protocole,
- les résultats techniques obtenus,
- des réussites et des difficultés rencontrées dans la conduite du projet et le déploiement des pratiques proposées.

Ainsi nous avons pu dégager de façon consensuelle et heuristique les points forts et les difficultés liés

à l'application de la méthode préconisée. En confrontant les expériences acquises sur cette méthode il a notamment pu être possible d'identifier :

- la nature des outils, appartenant et n'appartenant pas à TRIZ, que la méthode devait inclure,
- les conditions devant être déployées pour permettre à la méthode d'atteindre les résultats escomptés.

Parmi les différentes observations effectuées il a notamment été relevé que la formulation et la modélisation du problème sont difficiles à réaliser avec les outils classiques de TRIZ. La méthode doit donc guider avec précision les phases de formulation et modélisation du problème, pour faciliter l'usage de TRIZ. Mais elle doit également répondre aux lacunes notées dans les autres méthodes (voir chapitre 3.8) notamment en phase d'analyse.

Cette analyse des méthodes a démontré l'intérêt d'enrichir l'usage des outils proposés par TRIZ avec des outils classiques tels que l'analyse fonctionnelle, le flow chart ou le diagramme FAST.

3.4.3. Représentation macrographique du modèle

Dans la section 2.2.2, nous avons défini, que conceptuellement, la méthode d'amélioration couvre cinq étapes successives. Au terme de ces différentes expérimentations, ces cinq étapes ont été concrètement articulées en trois phases (figure 30) présentées par la suite.

A1 : Formaliser et modéliser le problème

Cette phase est destinée à mener l'analyse du problème et cela jusqu'à permettre sa traduction sous une forme standard connue de TRIZ. Elle permet également de dégager les ressources exploitables dans l'environnement du système étudié ainsi que les pistes déjà explorées et de déterminer les critères d'évaluation des futures solutions.

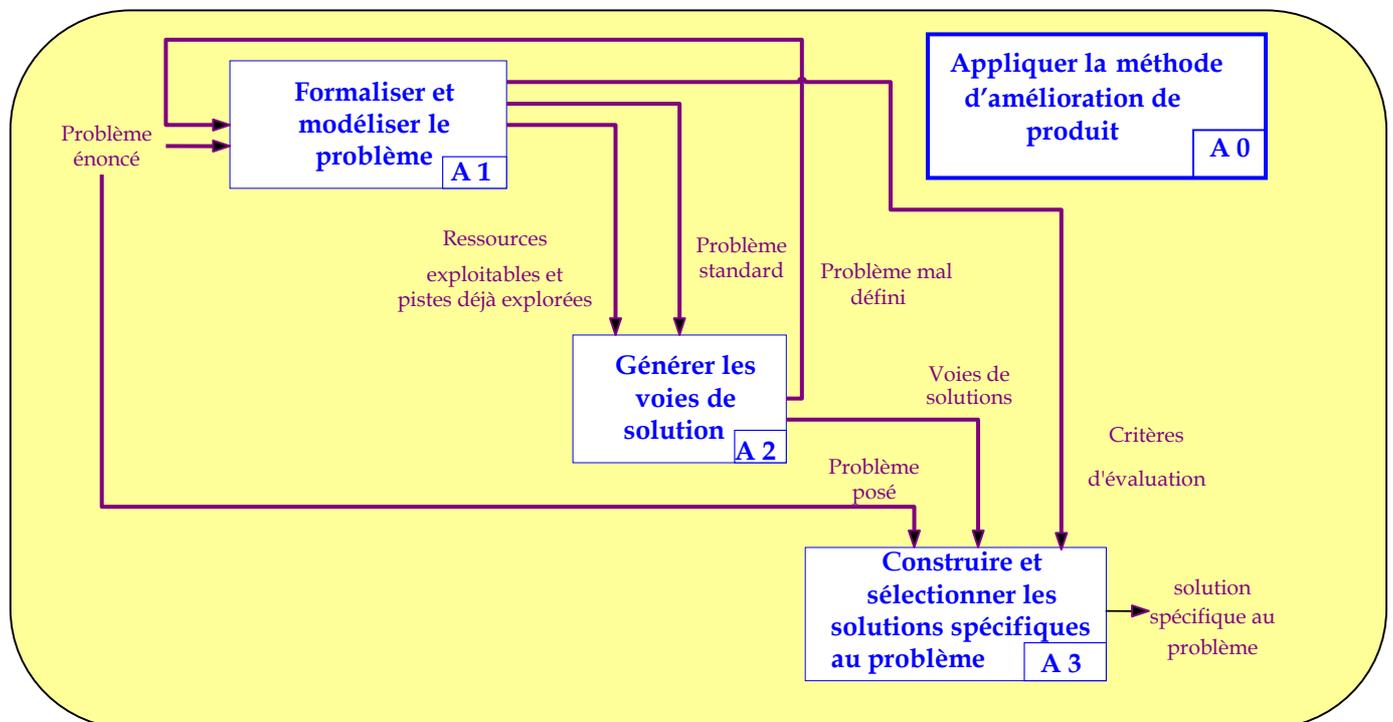


Figure 30 : Schématisation SADT de la méthode d'amélioration de produit

A2 : Générer les concepts de solutions

La seconde phase est destinée à l'élaboration de concepts de solutions. Cette recherche de solutions est basée sur l'exploitation successive des différents outils de TRIZ Classique : matrice des contradictions, modèles S-Fields, contradictions physiques. Ces outils peuvent être complétés par l'exploitation des logiciels Tech Optimizer et IWB. Les premiers concepts issus de ces différents outils sont employés comme supports à une séance de créativité avec le groupe de travail industriel.

A3 : Construire et sélectionner les solutions spécifiques au problème

A l'issue de la phase 2, le groupe de travail dispose d'un grand nombre de concepts de solutions. Cette troisième phase est donc destinée à évaluer, compléter et sélectionner les solutions les plus pertinentes. Deux difficultés sont à traiter à ce stade. D'une part, le niveau conceptuel des solutions qui rend leur cotation délicate. D'autre part, le fait que les concepts de solutions les plus éloignés de ceux habituellement employés dans l'entreprise sont souvent rapidement éliminés par les concepteurs.

3.4.4. Modèle, 1ère partie : formaliser et modéliser le problème

Des trois phases que comporte la méthode, celle-ci est la plus longue et la plus délicate à mettre en œuvre. En effet, elle requiert des entretiens avec différents membres de l'entreprise qui peuvent ne pas être directement concernés par le problème et donc difficiles à motiver. Comme dans tout projet les difficultés à rencontrer les personnes tendent à provoquer un éclatement des plannings initiaux.

Dans le premier protocole expérimenté, cette phase d'analyse et de modélisation était menée de la façon suivante :

- 1 - Envoi au poseur de problème (responsable de service) du questionnaire IWB (annexe 4.1).
- 2 - Réunion avec le poseur de problème afin de renseigner ce questionnaire, obtenir des plans de pièces, éventuellement visiter les installations de fabrication du produit.
 - Durée de la réunion : ½ journée
 - Personnes impliquées :
 - Responsable de service
 - Intervenant extérieur responsable du projet

Commentaires :

Le questionnaire d'analyse du système et de son environnement élaboré par IWB est très intéressant lorsque l'on connaît bien TRIZ (ce questionnaire est un outil de travail des consultants de cette entreprise). Dans ce cas, il permet effectivement d'extraire des informations qui vont aider à cerner et modéliser le problème. En revanche, lorsque la méthode n'est pas connue les questions posées peuvent appeler à différentes natures de réponses, sembler redondantes et donc laisser la personne interrogée. Ce dernier point est particulièrement vrai du fait du nombre important de questions qui induit des réunions longues et fatigantes.

Par ailleurs, ces questions, si elles permettent effectivement de cerner le système posant le problème et de définir les limites de l'étude, elles appellent des réponses imprécises sur les points suivants:

- le fonctionnement du système lui-même,
- ses relations structure / fonction,
- les liaisons entre ces relations et les dysfonctionnements à résoudre,
- les critères de qualification des futures solutions.

De plus, l'étendue et la qualité des informations obtenues sur le sujet sont insuffisantes si la seule source d'informations est le responsable de service. D'autres membres de l'entreprise disposant de compétences et de points de vue différents sur le système étudié et/ou son dysfonctionnement

doivent également être consultés. Par ailleurs, un complément d'informations doit être effectué en dehors de l'entreprise.

Éléments majeurs de cette première phase du modèle :

Découverte du problème

- Intégrant les différentes difficultés d'interprétations rencontrées lors de l'usage du questionnaire dans les entreprises, les travaux du groupe ont débouché sur la rédaction d'un guide explicatif, et illustré d'une étude de cas, de ce questionnaire (après modification et synthèse de certaines questions) (annexe 4.2). Ce guide est transmis aux personnes concernées par son renseignement avant la rencontre. De plus, il a été décidé de le renseigner au cours de trois réunions distinctes. La première a lieu avec le poseur de problème en phase A111 (voir figure 31) et permet de définir :
 - le périmètre du système étudié
 - l'ampleur des modifications autorisées
 - les membres de l'entreprise ou ses partenaires susceptibles de fournir des éléments informationnels complémentaires, il s'agit ici de compléter les points de vue.
- La seconde partie du questionnaire est employée lors des réunions avec le groupe de travail qui œuvre en phase A122 (figure 32) : réunions d'analyse du problème et d'exploitation des ressources.

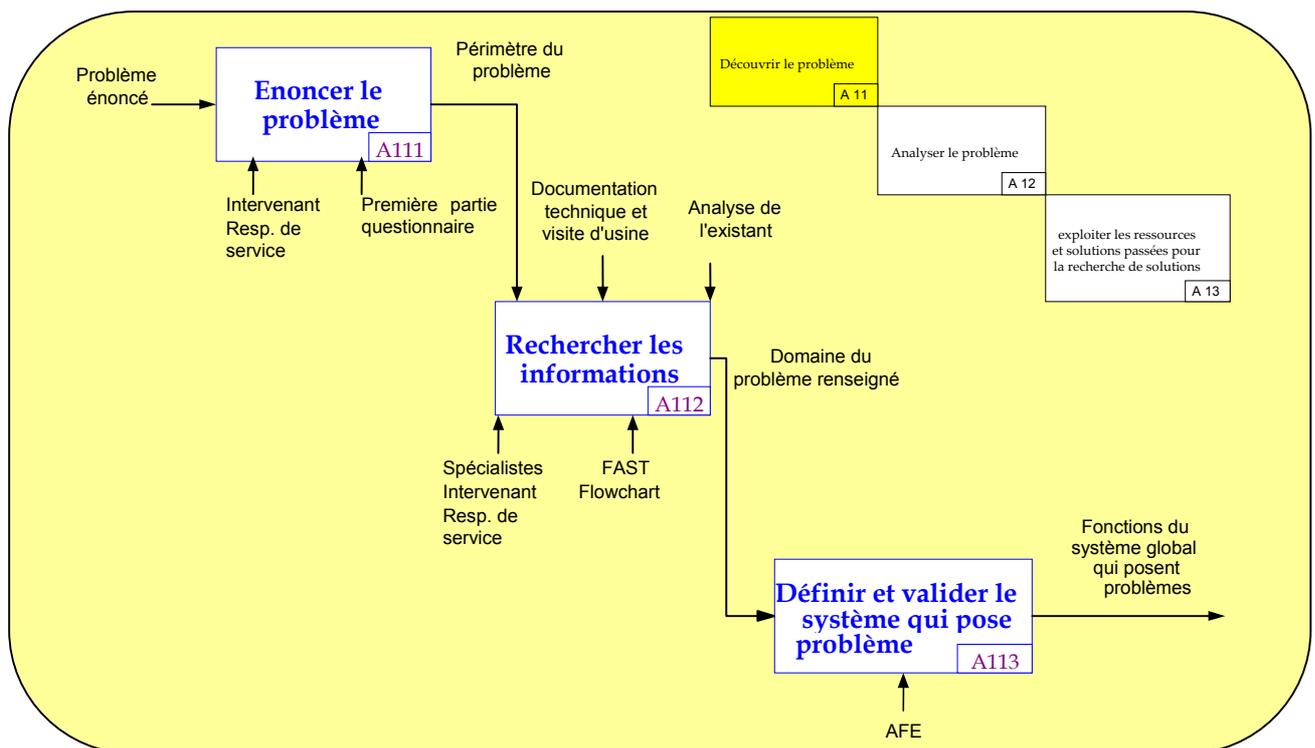


Figure 31 : Schématisation SADT de l'étape A11 de découverte du problème

- La reformulation du problème est effectuée avec le responsable de service après que l'intervenant ait mené un premier travail de recherche et de formalisation des informations. Cette formalisation se traduit :
 - par la réalisation d'un diagramme FAST du produit ou du procédé étudié,
 - un flow-chart du procédé d'obtention et/ou de fonctionnement,
 - une Analyse Fonctionnelle Externe du système.

Cette rencontre est employée pour valider les informations réunies ou pour créer et redéfinir le problème.

La durée de cette première phase est difficile à prévoir. En effet, elle dépend du degré de formalisation des informations dans l'entreprise, des difficultés à rencontrer les spécialistes... Nous estimons que la durée de cette étape varie de 3 jours à une semaine de travail pour le chef de projet.

Analyse du problème

- Cette analyse est menée dans ses deux premières étapes avec un groupe de travail constitué :
 - des spécialistes
 - du responsable de service
 - du chef de projet (intervenant)
- La taille idéale de ce groupe est située entre 3 et 6 personnes.
- L'exploitation des documents et informations réunis précédemment permet d'évoluer graduellement, en utilisant la seconde partie du questionnaire comme guide de conduite de la réunion. La vision du problème évolue ainsi de la caractérisation de la fonction de service amoindrie par le dysfonctionnement vers le(s) phénomène(s) physique(s) à l'origine de ce dysfonctionnement. L'analyse fonctionnelle interne et le flow chart de fonctionnement du produit et/ou de sa fabrication permettent notamment cette évolution.

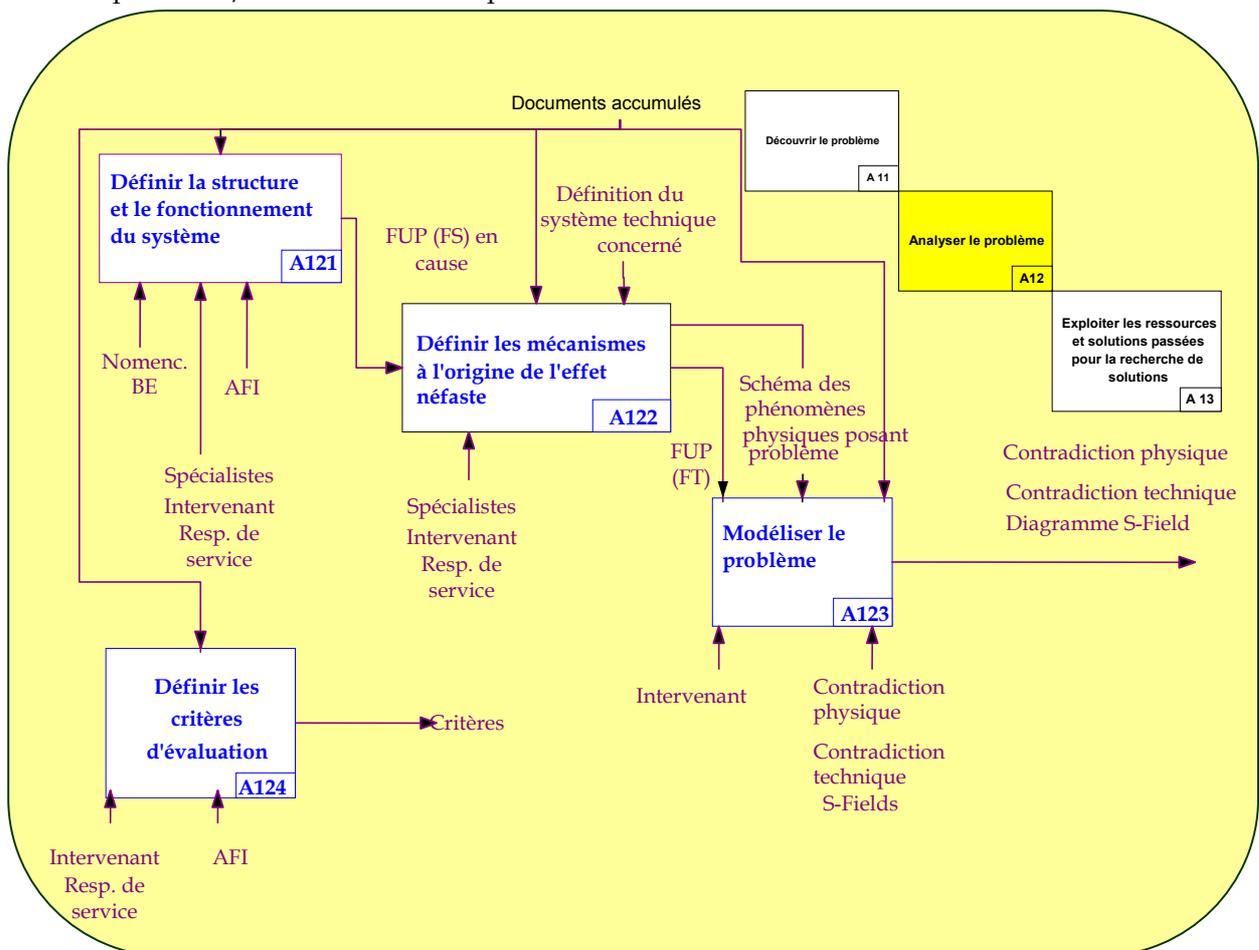


Figure 32 : Schématisation SADT de l'étape A12 d'analyse du problème

- C'est à l'intervenant qui anime la réunion d'amener les spécialistes à exprimer alors à l'aide de schémas les phénomènes physiques en cause (étape A122, figure 32).

- La durée totale de la réunion ne doit pas excéder 3 heures. Au-delà de ce délai il devient difficile de garder les membres du groupe concentrés et d'éviter « une prise de pouvoir » par l'un d'entre eux. Nous avons observé que l'un des moyens les plus efficaces pour lutter contre les tendances du groupe à :

- diverger du sujet,
- mal comprendre les natures de réponses attendues,
- subir les tentatives de dominations de l'un de ses membres,

est d'intégrer une personne, inconnue du groupe, formée à la méthode, au sein du groupe.

- La dernière étape de modélisation du problème est effectuée par l'intervenant seul
- Les critères d'évaluation des futures solutions sont définis par une réunion de travail entre le responsable hiérarchique et l'intervenant. Cette réunion qui a lieu après le travail d'analyse mené en groupe, se base sur :
 - les phénomènes identifiés comme à l'origine du dysfonctionnement
 - les critères issus de l'Analyse Fonctionnelle Interne
 - les objectifs stratégiques de la direction, du responsable de service.

Exploiter les ressources et les solutions passées pour la recherche de solutions

- Cette étape donne lieu à une nouvelle réunion du groupe de travail. Le temps écoulé entre ces deux réunions permet à ses membres de prendre du recul par rapport aux idées émises précédemment. L'écart entre les deux réunions ne doit cependant pas excéder la semaine afin de conserver la motivation et la concentration des personnes.
- L'intervenant présente les résultats issus du travail de la réunion précédente sous les formes issues des modélisations TRIZ (contradictions techniques, physiques, S-Field). Cette présentation amène inmanquablement à une discussion, éventuellement à une modification de l'énoncé du problème et à sa validation.
- Le groupe recherche, dans l'environnement du système, l'ensemble des ressources (temps, espace, énergie, composants, matières...) qui permettraient de résoudre ce problème.
- Tout au long de cette réunion, des solutions sont émises, comme au cours de la première. Elles doivent, bien sûr, être toutes consignées.
- La durée de cette réunion ne doit pas excéder 2 heures.

3.4.5. Modèle, 2ème partie : générer des concepts de solutions

Dans le premier protocole expérimenté, cette phase de génération des concepts de solutions était menée de la façon suivante :

1- Modélisation du problème reformulé au moyen des outils de TRIZ Classique et recherche de concepts de solutions

- Durée : 3 à 4 réunions d'environ 3 heures
- Personnes impliquées :
 - Intervenant
 - Groupe de créativité externe à l'entreprise

2 - Recherche complémentaire au moyen des logiciels

- Durée : ½ journée par logiciel
- Personnes impliquées :
 - Intervenant extérieur responsable du projet

- Autre membre du groupe de créativité (présence éventuelle)

Commentaires

Les expérimentations ont montré les limites de la pertinence et du degré de définition des solutions qui peuvent être émises lorsque seules des personnes étrangères au sujet mènent cette réflexion.

Il s'agissait de structurer une pratique qui permette de ne pas entraver la créativité par l'inertie psychologique des concepteurs qui tendent à retourner vers leurs solutions usuelles. Les concepts proposés par TRIZ doivent permettre de lutter contre ce phénomène. Cependant, lorsque l'on utilise les outils classiques et non les logiciels, il est difficile pour une personne peu habituée à ce type d'exercice d'effectuer le saut conceptuel que requiert l'interprétation des concepts de solutions proposés par les outils. Cette particularité nous avait conduits, dans un premier temps, à former un groupe de créativité avec des personnes externes à l'entreprise mais formées à la méthode. Cette pratique permet effectivement l'obtention de solutions pertinentes cependant ces solutions demeurent réellement des concepts très généralistes. De plus, nous avons constaté qu'il est ensuite difficile pour les membres de l'entreprise de s'appropriier ces concepts. En fait, la présentation de ces concepts à l'entreprise a systématiquement conduit à mener naturellement une nouvelle séance de créativité avec ce groupe. Cette seconde séance permet d'enrichir les concepts identifiés, d'en faire émerger de nouveaux. Elle conduit également à faire apparaître de nouvelles contraintes jusque là non identifiées par le groupe ainsi que des voies de solutions parfois totalement différentes de ce qui avait été envisagé jusque là. En fait, ce dernier cas correspond systématiquement à un changement de niveau d'attaque du système pour résoudre le problème.

Éléments majeurs de cette seconde phase du modèle :

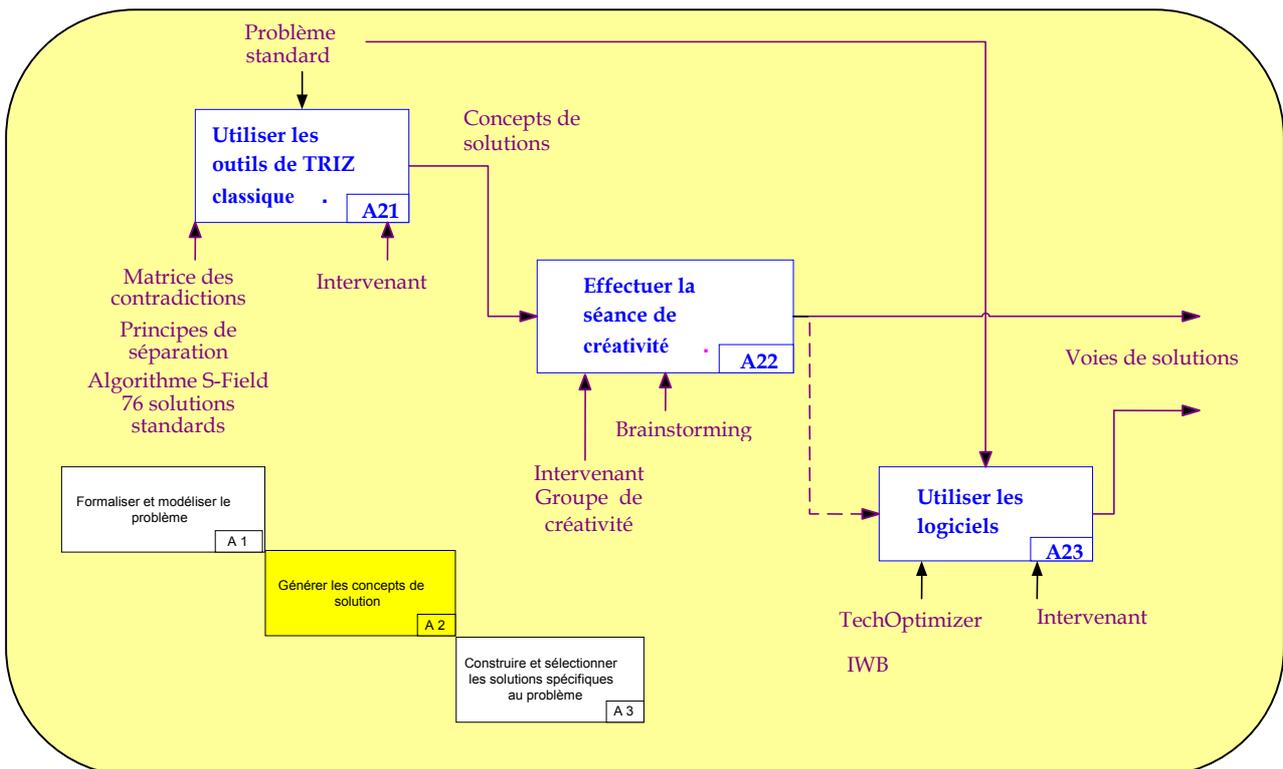


Figure 33 : Schématisation SADT de l'étape A2 de génération de concepts

- Lors de l'étape A123 (figure 32), le problème a été modélisé sous la forme d'une contradiction technique, d'un modèle S-Field et d'une contradiction physique. Le passage de ces formes standards aux concepts de solutions est réalisé grâce aux outils TRIZ : matrice des contradictions, solutions standards, principes de séparation. Ce travail est mené par l'intervenant seul qui dispose alors d'une série de concepts de solutions qu'il peut ensuite proposer au groupe de travail formé pour la séance de créativité (figure 33).

- La ou les séance(s) de créativité doivent réunir un groupe de 4 à 5 personnes. Les membres de ce groupe, qui appartiennent à l'entreprise, ne sont pas nécessairement les personnes qui ont pris part à l'analyse du problème. Dans l'idéal, une partie du groupe était effectivement présente, l'autre est constituée de personnes qui n'étaient pas impliquées jusque là dans l'étude. Ces personnes doivent cependant disposer d'une bonne connaissance du domaine propre au système étudié.
- La séance de créativité débute par une purge destinée à évacuer l'ensemble des solutions présentes à l'esprit des membres du groupe. Il s'agit d'évacuer ainsi l'ensemble des solutions issues de l'expérience et du savoir des membres du groupe. Cette pratique participe à la lutte contre l'inertie psychologique. Un brainstorming est ensuite effectué sur la base des concepts identifiés par l'intervenant sans jugement porté sur la faisabilité des solutions imaginées. Au cours de cette séance on admet une forme particulière de brainstorming dans la mesure où l'on accepte de voir les idées s'enrichir entre elles. Il ne s'agit donc pas seulement d'expression individuelle mais bien d'échanges et d'enrichissement mutuel. En fait, au fur et à mesure de la séance, les différents concepts de solutions élaborés résolvent partiellement le problème. Les processus cognitifs associent naturellement certains de ces concepts pour les enrichir et construire des solutions plus globales.
- Le recours aux logiciels n'est pas systématique. Lorsque c'est le cas, les logiciels sont employés pour affiner et compléter les concepts de solutions identifiés en séance de créativité. Plus rarement, essentiellement lorsque les concepts élaborés sont peu satisfaisants, les logiciels peuvent être utilisés pour une réelle recherche créative.

3.4.6. Modèle, 3ème partie : construire et sélectionner les solutions spécifiques

A ce stade d'avancement du projet, l'intervenant dispose généralement d'un nombre important de concepts de solutions. Ces concepts sont issus de la séance de créativité mais également des idées qui ont pu être émises tout au long du projet. Dans le premier protocole cette étape de construction et de sélection des solutions était conduite de la façon suivante :

- 1- Première analyse, synthèse et classement des concepts de solutions. Recherche d'informations sur les principes scientifiques et techniques apparus dans ces solutions. Réalisation de fiches Idées.
- 2 - Présentation des résultats, analyse, sélection des concepts à développer par le responsable de service.

Commentaires :

La synthèse des concepts de solutions était menée ainsi de manière purement intuitive ce qui ne peut pas être satisfaisant.

L'évaluation d'une ou de plusieurs des solutions retenues ne peut être menée que si des critères qualitatifs et quantitatifs ont été préalablement définis.

A ce stade de la définition des solutions proposées il est souvent impossible d'assurer avec précision les niveaux de performances que permettra d'atteindre l'ensemble du système. Seul son prototypage permettra d'assurer des éléments de réponses robustes à cette question. Les solutions retenues le sont cependant en regard de ce qu'elles sont supposées pouvoir assurer dans ce domaine. Cependant, ce jugement porté par le responsable de service est subjectif. L'objectivité de cette analyse se heurte notamment à l'inertie psychologique et à la crainte du changement.

En effet, si lors de la phase de créativité les recherches de solutions peuvent être menées dans des domaines étrangers à ceux maîtrisés par l'entreprise, la perspective de l'implémentation d'une nouvelle technologie soulève de nombreuses difficultés.

En premier lieu, celle qui porte sur l'identification des experts capables d'apporter une aide à la construction de cette solution technologique. D'autre part, la question du devenir des structures et compétences existantes, et potentiellement obsolètes, entraîne aisément l'élimination des solutions les plus innovantes.

Éléments majeurs de cette troisième phase du modèle :

- Les concepts généraux compatibles et complémentaires, issus des phases précédentes, sont associés afin de construire des débuts de solutions. Ce travail est effectué par l'intervenant qui utilise pour cela une matrice à double entrée (voir annexes 2.8 et 2.10) .
- L'intégration de l'Analyse Fonctionnelle dans la première partie du modèle permet de disposer, dans cette nouvelle version, de critères supplémentaires de mesure des solutions (figure 34). Par ailleurs, les informations réunies lors des rencontres avec le poseur de problème ont permis d'établir les limites des changements admissibles – nouveaux critères – et des facteurs prépondérants sur le plan stratégique de l'entreprise, et les contraintes inhérentes à tout projet (coût, délai...).

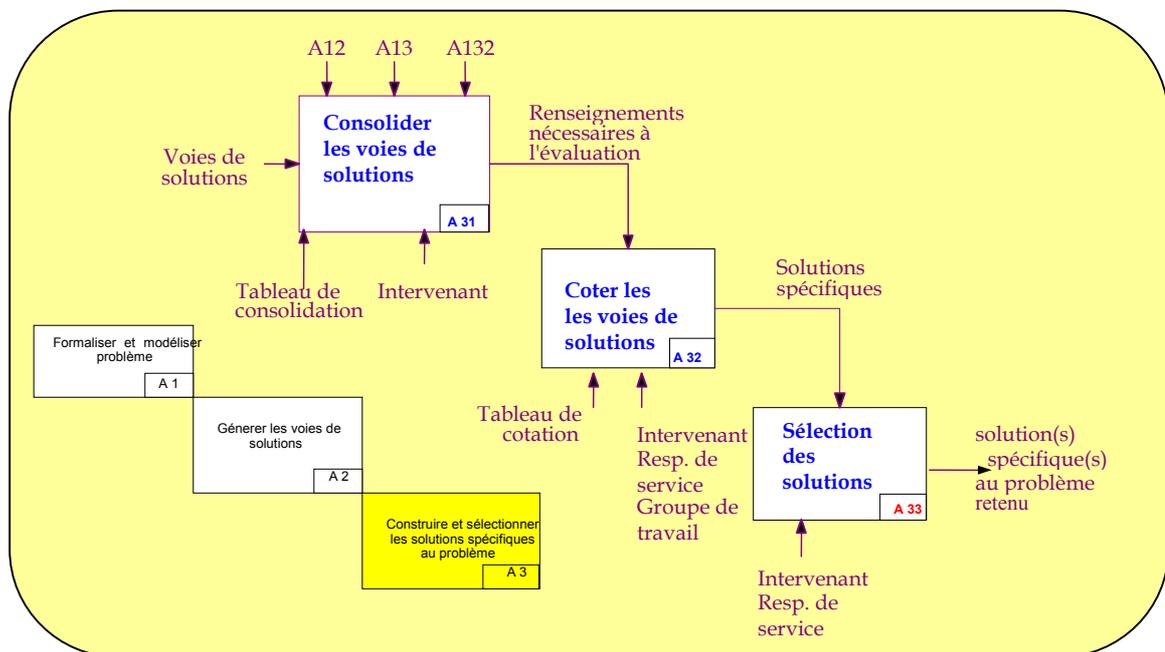


Figure 34 : Schématisation SADT de la phase de construction et évaluation des solutions

- Un critère supplémentaire d'évaluation a été intégré : celui de l'horizon sous lequel la solution peut être développée : court, moyen et long termes.
- Le niveau conceptuel de ces solutions implique une évaluation a priori de ces valeurs. Pour limiter la subjectivité de cette étape ce travail de cotation a été transféré au groupe de travail. Le responsable hiérarchique conserve le choix de la décision finale en regard des cotations qui lui sont proposées et des éléments dont il peut être le seul à disposer.

3.4.7. Bilan

Le travail d'analyse mené sur les différents projets nous a permis de définir un modèle général d'une méthode d'amélioration d'un système technique.

Tel qu'il est formulé le modèle définit :

- *les natures et formes d'informations à recueillir,*

- *les outils et pratiques à employer pour réaliser ce recueil et exploiter ces informations,*
- *les critères de sélection des membres du projet,*
- *les outils et pratiques à utiliser pour initier, consolider et sélectionner les voies de solutions,*
- *les pratiques à déployer pour faciliter l'appropriation de la méthode par les membres du groupe.*

Le rôle de l'intervenant extérieur s'arrête à ce stade de développement du projet. C'est ensuite à l'entreprise de poursuivre le déroulement du projet et le développement physique des solutions. Dans le cadre de projets produits comme dans celui de projets organisationnels le sujet d'étude n'est qu'un support pour le transfert de la méthode. La réussite du projet se mesure, dans un premier temps, par les solutions effectivement déployées. Cependant, la réelle réussite du projet est liée à la volonté des membres de l'entreprise de s'impliquer dans le déroulement du projet puis de vouloir s'approprier la méthode.

L'objet des expérimentations menées et présentées dans la partie suivante de ce document était bien d'évaluer les propriétés de la méthode suivant ces deux dimensions.

Chapitre 4 - **Expérimentations**

4.1. Protocole

4.1.1. Types de cas traités

Dans cette quatrième partie nous présentons trois expérimentations.

La première de ces expérimentations a été employée afin de tester le modèle sur une typologie de problème afférente à un système technologique. Il s'agissait de définir la valeur et la robustesse du modèle que nous avons exposé dans le sous-chapitre 3.4. Cette expérimentation a été menée dans un contexte industriel, sur un problème technologique réel et avec les membres de l'entreprise. L'entreprise dans laquelle cette étude a été effectuée est une filiale d'un groupe international. L'unité concernée déployait cependant, par sa taille et son fonctionnement, des pratiques relationnelles entre les salariés du type de celles rencontrées dans une PME.

Nous verrons que cette expérimentation a, globalement, validé le modèle proposé, quelques évolutions mineures ou recommandations issues de cette expérience ont cependant pu être intégrées.

De plus, avant d'engager la deuxième expérimentation nous avons apporté différents aménagements à la méthode afin de l'adapter aux spécificités des systèmes organisationnels.

Ces modifications ont essentiellement concerné la prise en compte de la dimension complexe de ces systèmes pour la phase d'analyse. En revanche, dans ce modèle nous avons peu cherché à développer les caractéristiques de la méthode inhérentes au développement de l'apprentissage organisationnel. Ce fait est lié tant à un choix qu'aux circonstances. Dans un premier temps, ainsi que nous l'avons indiqué, nous souhaitions avant tout conformer les aspects « techniques » de la méthode aux caractéristiques des systèmes organisationnels. Par ailleurs, cette expérimentation a été réalisée dans une PME de tradition familiale, positionnée sur un marché spécifique qui est celui des produits de luxe fabriqués manuellement ou en procédé semi-automatique. Les règles de gestion d'une telle société sont tout à fait particulières. L'approche de la notion de création de valeur y est en particulier très différente de celle que l'on rencontre dans l'industrie de grandes séries. La dimension créative associée au produit modifie considérablement les positions et rôles des personnes au sein du groupe et l'organigramme officiel ne fait pas nécessairement apparaître ces subtiles nuances. De plus, l'entreprise avait connu au cours des dix années précédentes deux restructurations liées à des difficultés économiques et au cours de cette expérimentation elle-même elle a fait l'objet d'une cession à un groupe. Dans ces conditions, il était impossible de développer l'aspect de la méthode lié à l'apprentissage organisationnel. En effet, les auteurs s'accordent à reconnaître que les périodes d'instabilité fournissent des terrains favorables à des remises en cause de profondeur. Cependant, il est également nécessaire que les souhaits de la direction soient extrêmement clairs sur le sens à donner à cette évolution et son implication évidente. Compte tenu des circonstances ce contexte était ici impossible.

Cette expérimentation nous a cependant permis de mener l'analyse que nous souhaitions quant aux aspects techniques de la méthode. Un nouveau modèle a donc été conçu, intégrant cette fois les dimensions destinées à favoriser le déclenchement d'un processus d'apprentissage au sein de l'entreprise.

Ce nouveau modèle a été expérimenté dans une PME, filiale elle-aussi d'un groupe international métallurgique. Ce projet a effectivement permis de juger de la capacité de la méthode à résoudre un problème au sein d'un processus fonctionnel. Mais elle a également pu être évaluée quant à sa capacité à proposer un moyen de mise en œuvre de pratiques managériales différentes.

4.1.2. Grille de lecture des cas

Dans ce document, le lecteur trouvera, pour chaque cas :

- une première présentation générale destinée à situer l'entreprise lieu de l'expérimentation, le contexte du projet et la nature du sujet soumis.

- Une synthèse :
 - des différentes étapes du projet,
 - des conditions de réalisation de ces étapes,
 - des principaux résultats obtenus

sera ensuite proposée. En revanche, le détail des documents créés et des solutions techniques obtenues sera à consulter en annexe 5.3 (sous réserve de certains détails – en particulier en ce qui concerne les solutions retenues – que la confidentialité ne nous permet pas de diffuser ici).
- Une analyse des résultats obtenus :
 - bilan quantitatif et qualitatif des résultats techniques obtenus : nombre, pertinence, qualité,
 - bilan sur l'efficacité de la méthode proposée.
- Un bilan positionnant rapidement l'expérimentation par rapport aux hypothèses posées.

4.1.3. Critères d'évaluation des résultats

En ce qui concerne les résultats techniques obtenus au terme des projets, deux niveaux d'évaluation sont considérés.

D'une part, les capacités des solutions à répondre aux problèmes soumis en satisfaisant les critères définis par le cahier des charges. Cette première évaluation offre l'avantage d'une échelle de mesure objective.

Le second niveau d'évaluation porte sur l'acceptation et l'appropriation réelle de certaines de ces solutions. L'évaluation est cette fois plus délicate et subjective. En effet, sur ce plan, d'autres facteurs que la valeur intrinsèque des solutions interviennent.

L'éventail de solutions proposées comporte des catégories de solutions qui peuvent être mises quasiment immédiatement en application. Certaines demandent des recherches complémentaires, un appel à coopération avec des spécialistes d'un nouveau domaine... D'autres ne pourront aboutir à des résultats que si un projet de recherche et développement est mené avec les aléas que comporte tout projet de cette nature.

Dans ce cadre, la stratégie de l'entreprise, sa culture, ses moyens (capacités intellectuelles et matérielles), son autonomie...sont des facteurs également déterminants. Nous définirons cependant, que toute proposition de voies de solutions issues du projet et donnant lieu dans l'entreprise à une poursuite du projet sous la forme d'une application directe, d'un prototypage, ou d'un programme d'étude, constitue la preuve de la validité de ces résultats.

En ce qui concerne la dimension méthodologique de développement de l'apprentissage collectif les critères d'évaluation permettant de mesurer l'efficacité de la méthode ne peuvent être purement quantitatifs. Il s'agit ici de détecter des modifications comportementales, de motivations. C'est donc par l'observation

- des comportements du groupe,
- des poursuites d'actions auxquelles ont donné lieu les projets,

que nous jugerons de son efficacité.

4.2. Application du modèle à un cas produit (Connecteur Syléa)

4.2.1. Contexte et nature du problème traité

Ce premier cas d'étude a été mené chez un équipementier automobile : Syléa (société reprise depuis par le groupe Valéo), se situe au premier rang européen des fabricants de systèmes de liaisons électriques pour les automobiles. Ses principaux clients sont Peugeot, Citroën et Renault. Cette entreprise est spécialisée dans la production de faisceaux de câbles électriques automobiles. L'entreprise propose à ses clients, les constructeurs automobiles, des produits finis élaborés qui comprennent le plus souvent des faisceaux de fils électriques reliés à des pistes en matériaux conducteurs (figure 35). La liaison entre ces deux éléments est le point le plus sensible du produit. Dans un secteur aussi concurrentiel que celui des sous-traitants automobiles, le moindre gain de quelques pour-cent sur le coût de revient d'une pièce peut se traduire très vite en parts de marché. L'objectif technique du projet était donc de proposer un nouveau système de liaison qui permette d'accroître les cadences de production à fiabilité et coût constant – si ce n'est améliorés.

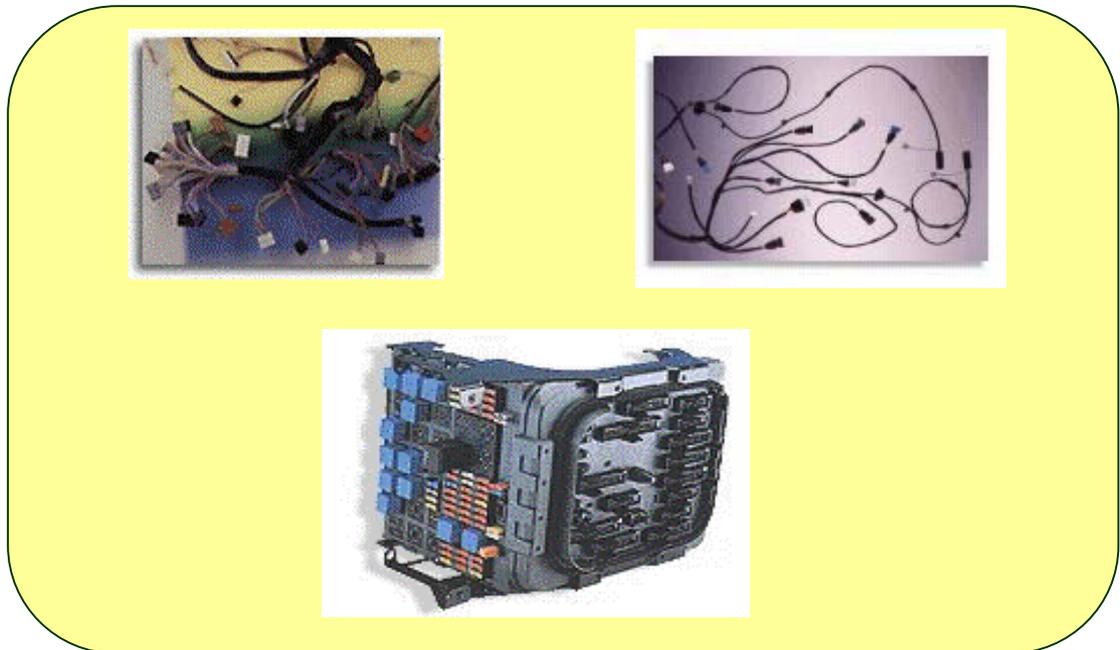


Figure 35 : Exemples de faisceaux électriques et connecteurs électriques

4.2.2. Formalisation et modélisation du problème

➤ Découverte du problème

- Énoncer le problème

Étape menée par le poseur de problème et l'intervenant.

L'énoncé du problème qui nous avait été fourni était : « Il faut assurer la liaison fil-piste »

Cette liaison fil-piste est à l'intérieur de la boîte d'interconnexion

Pour relier tous les composants électriques de la voiture à la batterie, la distribution est effectuée en deux temps. Premièrement, la batterie est reliée à «la boîte moteur» (figure 36) par laquelle s'effectue toute la distribution de l'habitacle moteur. C'est essentiellement une distribution de puissance, en conséquence la section des fils est assez grande. Deuxièmement, pour alimenter l'habitacle, un faisceau sort de « la boîte moteur » pour relier la « boîte habitacle ». Puisque celle-ci est composée de

composants électroniques, les courants qui la traversent sont de moindre intensité. En conséquence, la section des fils est de moindre dimension.

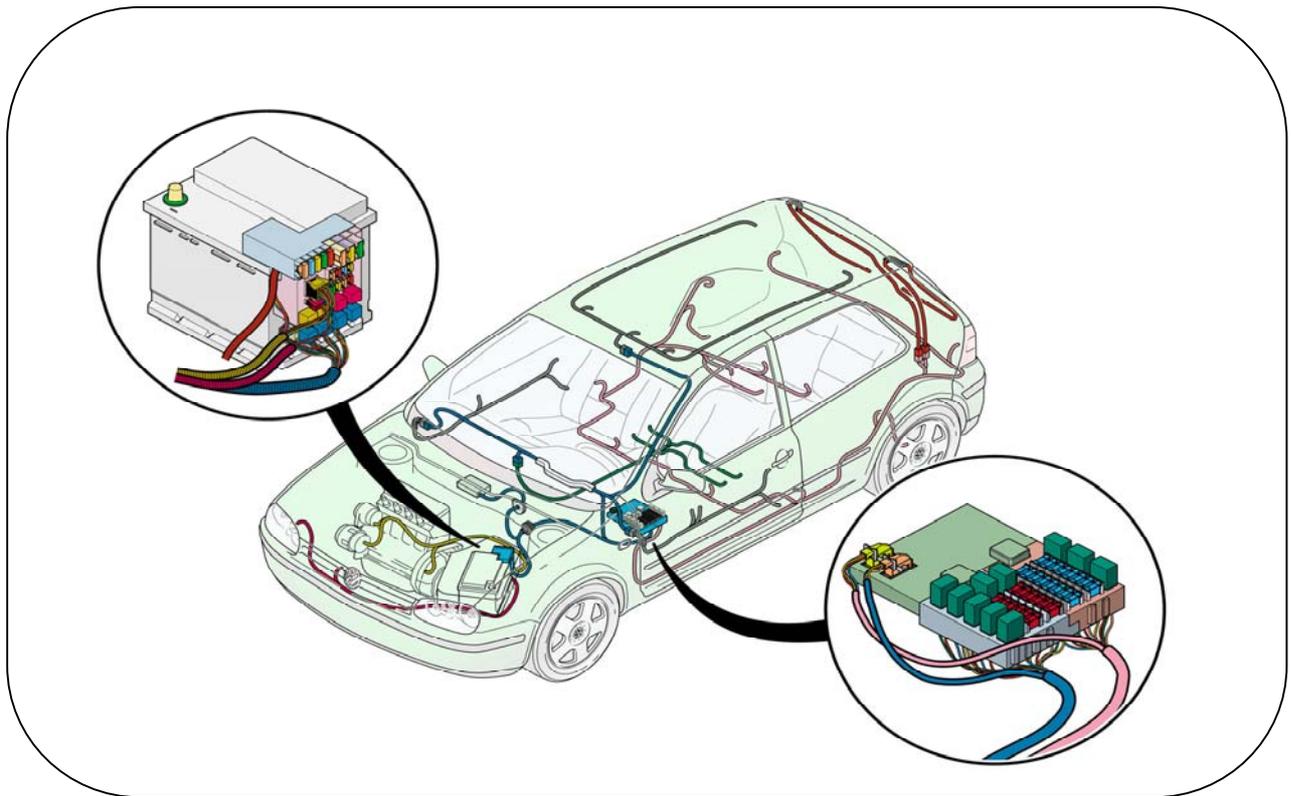


Figure 36 : Schéma électrique d'un véhicule

- Rechercher les informations

Étape menée par l'intervenant seul.

Moyens déployés et informations obtenues

- Rencontre avec un spécialiste du contact électrique : définition des spécificités de la liaison électrique.
- Rencontre avec un spécialiste de la production : identification des spécificités des variantes produit : pistes de circuit surmoulées, imprimées, découpées.
- Rencontre avec un spécialiste du contact électrique des boîtiers électriques : le boîtier est produit indépendamment du faisceau. Tous les composants électriques de liaison y sont implantés avant le montage des fils. Ces composants sont des relais, des fusibles et des cartes électroniques.
- Prise en compte du cahier des charges constructeur : définition des contraintes environnementales et des spécifications clients sur les liaisons électriques.
- Visites de sites : connaissance des procédés de fabrication :
 - boîtes et faisceaux fabriqués dans des endroits différents
 - montage manuel des faisceaux sur planches à câbler.

- Définir et valider le système qui pose problème

Réunion avec le poseur de problème

- Validation de la documentation de synthèse.
- Système global identifié : ensemble « faisceau + boîtier ».
- Sous-système lieu du dysfonctionnement et objet de l'étude est « **l'ensemble des pièces assurant la liaison entre le fil et la piste** ». Seuls ces composants peuvent être modifiés, et le process en cours doit être préservé (montage manuel sur planche à câbler).

- La composition du groupe de travail est arrêtée à ce moment.

Étape menée sous la direction de l'intervenant, par une équipe de spécialistes.

- Analyse fonctionnelle externe (annexe 5.2)

L'analyse fonctionnelle a remis en cause plusieurs idées reçues comme celle qui voulait que l'assemblage du faisceau sur le boîtier soit une opération réversible. La fonction contrainte à satisfaire est de s'assurer que chaque fil est positionné au bon endroit avant la jonction permanente. Une fois la liaison permanente assurée, il n'est pas nécessaire d'effectuer des réparations si tout le faisceau est correctement relié à la piste. Dans ce cas, il faut un procédé de montage qui incorpore une phase de test de bon positionnement avant de relier définitivement les fils avec la piste.

➤ **Analyse du problème**

- Définir la structure et le fonctionnement du système

Étape menée par l'intervenant et les experts nommés par le poseur de problème

- Analyse technique

Pour faire passer le courant entre le fil et la piste, deux types d'architectures de boîtiers sont employés: des boîtiers connectés (figure 37) ou câblés (figure 38).

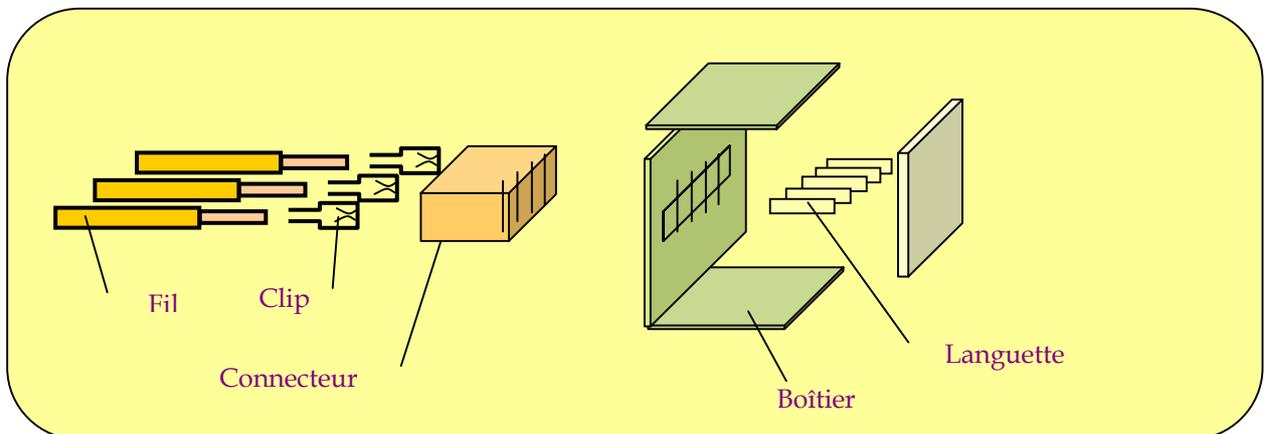


Figure 37 : Schéma d'un boîtier connecté

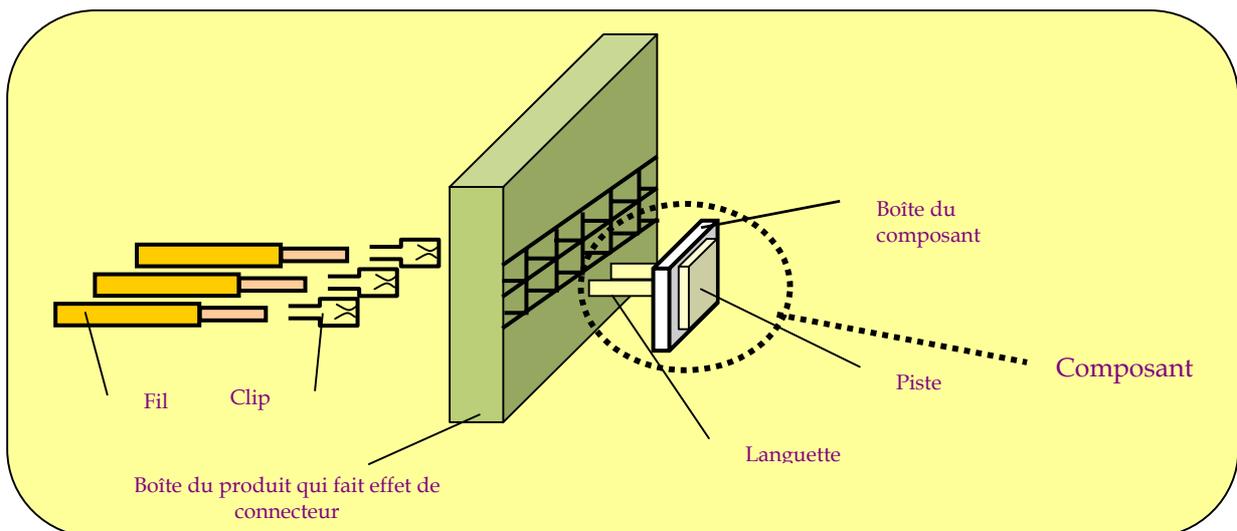


Figure 38 : Schéma d'un boîtier câblé

Dans les deux types d'architectures, l'étape de sertissage du clip sur le fil est présente.

Dans le cas du boîtier connecté, les fils sont ensuite insérés dans un connecteur. Celui-ci sert à garder

la place relative de chaque fil lors du transport du faisceau entier jusqu'à la boîte dans laquelle la piste, avec ses languettes soudées, est déjà installée.

Dans le cas du boîtier câblé, les composants sont implantés sur la boîte du produit. Les fils sont directement reliés aux composants sur lesquels ils viennent s'encliqueter. Ce sont les composants qui regroupent les fonctions de piste, languette et boîte.

- Fonction utile primaire de service

Le premier niveau de la fonction utile primaire, correspondant à la fonction de service attendue du système, a été définie comme :

« faire passer le courant entre le fil et la piste »

- Définition des mécanismes à l'origine de l'effet néfaste

Réunion avec le groupe de travail

- Validation de la définition du système technique concerné.
- Décomposition du dysfonctionnement en un faisceau de sous problèmes :
 - manque de modularité de l'ensemble,
 - un temps d'implantation trop long,
 - le manque de fiabilité de l'ensemble monté,
 - pré-définition des emplacements de fixation dans le boîtier gênant toute demande de reconception du client,
 - coût de revient de l'ensemble trop élevé.

La source commune d'une large part de ces dysfonctionnements est le nombre important de pièces intermédiaires. Ce nombre doit être réduit tout en respectant les contraintes induites par le processus d'assemblage.

Travail de l'intervenant

Les étapes précédentes ont induit une nouvelle formulation de la fonction utile primaire objet de l'étude :

« Assurer l'assemblage mécanique entre le fil et la piste »

Il faut, dans cette phrase, insister sur le mot « assemblage » et le comprendre comme une action et non comme un état et donc penser au processus d'assemblage.

- Modélisation le problème

Étape menée par l'intervenant

- Contradiction technique

« L'assemblage par le biais d'un système de languette couplé avec un clip serti sur le fil assure la résistance mécanique mais impose un nombre de pièces important. »

Cette contradiction a été modélisée avec les paramètres suivants (dans la matrice des contradictions de TRIZ) :

- Fonction utile : Assurer l'assemblage, paramètres :
 - 10 : Force
 - 11 : Tension, pression
 - 12 : Forme
 - 13 : Stabilité de l'objet

- Fonction néfaste : Nombre de pièces trop important
 - 31 : Facteurs nuisibles induits
 - 36 : Complexité de l'objet

- Contradiction physique

« les pièces intermédiaires doivent exister pour faciliter les opérations de montage, mais elles ne doivent pas exister car elles augmentent le coût, diminuent la fiabilité et imposent une pré-définition du lieu d'implantation », donc :

« les pièces intermédiaires doivent exister et ne pas exister à la fois, être présentes et ne pas l'être »

- Schématisation S-Field (figure 39)

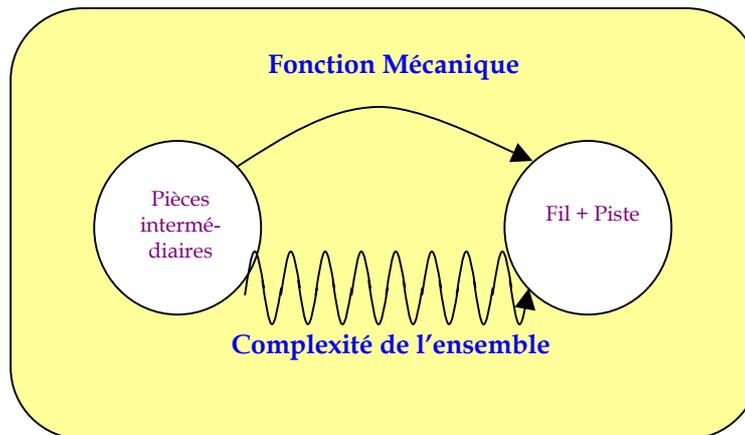


Figure 39 : Modèle S-Field du problème

- Définir des critères d'évaluation des solutions

Étape menée par le poseur de problème et l'intervenant.

- Solutions subsidiaires

- Si le coût ne peut être diminué, la facilité de montage et la modularité de l'ensemble doivent être améliorés

- Limite des changements admissibles

- La fabrication du faisceau doit demeurer manuelle (utilisation des planches à câbler déjà existantes). Seul le procédé de montage de l'ensemble faisceau-boîtier peut être modifié.
- Des fonctions supplémentaires peuvent être intégrées sur les planches à câbler existantes, mais tous les investissements effectués à ce niveau sont à multiplier par le nombre de ces planches à câbler. Les modifications envisagées doivent tenir compte de ce fait.
- Les changements de procédé doivent respecter la conformité du schéma électrique du faisceau.
- Le faisceau et la boîte d'interconnexion sont produits dans deux sites différents. Aussi lors de l'assemblage, seule une des faces de la boîte est accessible.

- Critères d'évaluation des solutions

- Les critères retenus sont ceux de l'analyse fonctionnelle (voir annexe 5.2)

➤ **Exploiter les ressources et solutions passées pour la recherche de solutions**

Étapes menées par tout le groupe de travail.

- Énoncer les pistes déjà exploitées
 - Origine temporelle du problème

Précédemment les fils étaient montés sans intermédiaires sur le boîtier, un par un à l'aide d'outils. Les options se multipliant sur les voitures, les fils ont été regroupés en faisceaux électriques de plus en plus complexes. Pour limiter les temps opératoires, la solution initiale a été abandonnée et plusieurs pièces intermédiaires ont été ajoutées pour décomposer le montage en opérations élémentaires, plus rapides et plus simples.

- Insuffisance des solutions habituelles

Les solutions habituellement utilisées pour des problèmes similaires de jonction entre des fils et des éléments comparables aux pistes de circuit électriques sont :

- la soudure
- le déplacement d'isolant
- le sertissage direct sur la piste
- la colle conductrice
- les Cin::apse
- l'enfichage sans connecteur (câble sans intermédiaire)

Les raisons invoquées pour écarter de pareilles solutions sont :

- Les investissements en matériel sur les postes doivent être limités car ils seraient à multiplier par le nombre de tables de montage. Les solutions de collage, de sertissage ou de soudure.
- Le déplacement d'isolant est rejeté car l'expérience a montré qu'il génère des problèmes de qualité.
- Des traitements coûteux et des contraintes dimensionnelles importantes ne sont pas admissibles, les solutions du type CIN : :APSE sont donc éliminées
- Toutes les opérations doivent pouvoir être effectuées manuellement, donc les efforts de montage ne doivent pas être trop importants. Dans le procédé actuel les efforts nécessaires à l'enfichage direct d'un clip sur une languette sont trop importants pour être effectués sans connecteur : enfichage d'un clip sur une languette : 10 N, mise en place d'un clip dans un connecteur : 1N.

- Énumérer les ressources du système et de son environnement :
 - fil cylindrique multibrin (donc souple),
 - isolant enrobant le fil,
 - métal en feuille, donc à épaisseur constante,
 - boîtier en plastique supportant la piste,
 - énergie électrique, pneumatique, doigts du monteur,
 - plastique du surmoulage,
 - surface étamée ou non,
 - temps : celui de l'opération de montage, soit 20 s au maximum.

4.2.3. Génération des voies de solutions

➤ Utilisation des outils de TRIZ Classique

- Matrice des contradictions

Les concepts de solutions suggérés et leurs fréquences sont synthétisées dans le tableau 24.

Numéro du principe	Fréquence d'apparition	Intitulé du principe
35	5	Transformation de l'état physique ou chimique d'un objet
1	3	Segmentation
2	2	Extraction
18	2	Vibration mécanique
26	2	Copie
27	2	Objet jetable et non durable
3	1	Qualité locale
10	1	Action anticipée
13	1	Inversion
16	1	Action partielle ou super action
19	1	Action périodique
22	1	Conversion d'un mal en bien
24	1	Intermédiaire
28	1	Remplacement d'un système mécanique
29	1	Fluides
33	1	Homogénéité
36	1	Transformation de phase
39	1	Environnement inerte
40	1	Matériaux composites

Tableau 24 : Résultats obtenus par le croisement des paramètres modélisant les fonctions utiles et néfastes de la contradiction

- Identification des solutions standards induites par le modèle S-Field

L'utilisation de l'algorithme de résolution des diagrammes S-Fields (annexe 2.2) a conduit à l'identification des solutions standards :

- 1.21 : introduire une 3ème substance entre S1 et S2 pour annihiler le champ nuisible
- 1.22 : changer les deux substances pour annihiler le champ nuisible, introduire des vides, bulles, mousse... introduire un nouveau champ qui agirait comme une nouvelle substance.
- 1.24 : introduire un nouveau champ pour contrecarrer l'effet du champ nuisible ou pour améliorer l'effet positif du champ utile.
- 1.25 : si l'effet nuisible est causé par un champ magnétique, chauffer le matériau magnétique au-dessus de son point de Curie ou introduire un champ magnétique opposé.

et aux sous-classes

- 5.1 : introduire un vide, un champ, à la place d'une des substances, utilisation d'un additif externe en lieu et place d'un additif interne, d'une petite quantité d'un additif très actif, localiser son action avec précision, envisager une action temporaire de cet additif, utiliser une copie ou un modèle de l'objet pour introduire des additifs en lieu et place de l'objet, obtenir cet additif par utilisation de produits chimiques, par décomposition de l'environnement ou par décomposition de l'objet lui-même. Envisager une division de la substance, son auto élimination. L'introduction d'une très grande quantité de matière de la substance sortante.

- 5.2 : application de champs de différentes natures, utilisation de champs présents dans l'environnement, utilisation de substance pouvant être source de champ.
- 5.5. Obtention de particules de substance par décomposition. Obtention de particules de substance par adjonction.

- Séance de créativité

Cette étape a été menée conjointement avec toute l'équipe de conception innovation de Syléa ce qui a étendu le groupe à 7 personnes. Ce travail a nécessité deux réunions de trois heures.

Une présentation détaillée des voies de solutions imaginées figure dans l'annexe 5.3

En synthèse on notera que :

- 37 voies de solutions ont été proposées sur la base des principes issus de la matrice des contradictions,
- 2 voies de solutions supplémentaires ont été obtenues avec les principes de séparation,
- 7 nouvelles voies de solutions sont issues de l'utilisation des solutions standards tandis que 23 voies déjà imaginées avec les deux outils précédents sont réapparues avec ces solutions standards.

- Utilisation des logiciels

Étape menée par l'intervenant seul.

Pour un usage normal de ces deux logiciels, il est possible de partir de la modélisation S-field réalisée. En fait, il s'agit plus exactement d'une succession de modèles S-Fields représentant les différents sous problèmes identifiés et les liens qui les unissent. Dans le cas de Tech'Optimizer la recherche de solution qui s'en suit ne tient pas réellement compte de cet enchaînement des sous problèmes. En effet, il restitue uniquement une syntaxe morcelée par sous problèmes du graphe global conçu. Le cas de IWB est différent car l'expression des phénomènes décrits dans le graphe est proposée à différents niveaux, certains de ces niveaux mettant en relief ces liens entre sous problèmes.

Dans l'étude présente, nous avons utilisé un seul de ces outils logiciels : Tech'Optimizer. En effet, la phase d'analyse très complète réalisée dans cette étude avait conduit le groupe de travail à restreindre de façon progressive le problème qu'il souhaitait résoudre. Cette restriction diminuait l'intérêt de l'apport de globalisation disponible avec IWB. Par ailleurs, ces phases d'analyse du problème et de modélisation avec les outils classiques rendent inutile la modélisation disponible dans Tech'Optimizer. De ce fait, les modules Prediction et Effects du logiciel ont été employés ici essentiellement comme des bases de données. Ce travail a représenté deux demi-journées de recherche.

- Utilisation du Module Prediction

Ce module énumère des solutions standards à la façon de l'outil S-Field de TRIZ classique. Cependant, ces solutions standards ont des formulations et un agencement différents de ceux de l'outil classique. L'équivalence entre les deux outils n'est donc que très relative. Toutes les solutions proposées par ce module ont été listées afin d'identifier celles dont la formulation pouvait se rapprocher de celles dégagées par le S-Field. Puis, les brevets associés à ces solutions ont été étudiés afin de rechercher de nouveaux concepts.

- Utilisation du Module Effect

Ce module fournit des exemples de résolution de problèmes standards fréquemment rencontrés par les concepteurs. Parmi ceux-ci l'un est intitulé « liaison entre composants ». De même que précédemment, les brevets associés à ces principes ont été étudiés.

L'utilisation du logiciel a conduit à l'identification de 6 voies de solutions supplémentaires (voir annexe 5.3).

4.2.4. Construction et sélection des solutions spécifiques au problème

➤ Consolidation des voies de solution

Étape menée par tout le groupe de travail.

Les voies de solutions ne sont, pour la plupart, que des concepts généraux apportant des réponses partielles au problème. La matrice de synthèse des concepts (voir principe de l'outil en annexe 2.8) a été complétée par le groupe de travail. Ce travail a abouti à la proposition de 15 solutions spécifiques.

➤ Cotation des solutions

- Les critères de sélection

Étape menée par l'intervenant et les spécialistes.

- Choix des critères

Les critères de sélection employés découlent de l'analyse fonctionnelle. Cependant, les critères dont le niveau de définition était inadapté à celui des solutions ont été supprimés. Ces dernières n'étant pas abouties, il ne peut être défini si, par exemple, elles nécessitent des matériaux recyclables ou compatibles avec les matériaux déjà utilisés.

- Pondération des critères

Tous les critères n'ont pas une valeur égale pour la sélection des solutions spécifiques. La résistance électrique caractérise mieux le passage du courant que la faculté de positionner le fil à plusieurs endroits. La pondération a été fixée selon le niveau de flexibilité de chaque critère. Pour les niveaux de flexibilité 0, 1, 2 et 3 nous avons respectivement associé les pondérations 8, 4, 2 et 1 (voir annexe 5.4).

- Renseignement du tableau de choix

Étape menée par tout le groupe de travail.

A chaque solution il a été attribué une note (1, 2 ou 4) traduisant le niveau de satisfaction du critère. La combinaison de la pondération et des niveaux de notes étagés devant assurer des écarts significatifs entre les résultats.

- Résultat de la sélection

Un classement relatif des 15 solutions a été obtenu et discuté par le groupe. Le résultat de cette discussion a conduit à retenir deux solutions.

4.2.5. Résultats techniques obtenus

La première de ces solutions, dénommée « Harpon » (figure 40), n'était pourtant pas celle qui avait le plus haut score à l'issue de la cotation des solutions. Cependant, cette cotation, menée sur les critères de l'Analyse Fonctionnelle, a été complétée par l'analyse des avantages et inconvénients que chaque solution présentait face aux moyens et procédé existants. Ce second examen a favorisé cette solution qui a donné lieu à un projet de conception détaillée et de prototypage. La mise en œuvre de cette solution est schématisée dans la figure 41.

La seconde solution retenue impliquait du soudage à diode. Le niveau de développement d'une telle solution interdisait son industrialisation immédiate. Un projet de recherche et développement a été lancé avec l'Institut de soudure afin d'évaluer les possibilités réelles d'une telle solution.

Nous considérerons ici uniquement la solution du harpon, l'autre projet appartenant à une démarche différente de R et D.

En dehors de l'acceptabilité de cette solution au regard des notes obtenues par rapport aux critères de l'Analyse Fonctionnelle, elle permet effectivement de répondre aux problèmes que l'analyse du système existant avait fait apparaître :

- **Manque de modularité**

L'assemblage est dorénavant totalement modulaire, chaque fil peut être placé, ou non, dans un chargeur dont seules des variations de dimensions des boîtiers peuvent nécessiter l'évolution. Ces chargeurs peuvent être communs à différentes références dans les limites de ces mêmes dimensions. Si la conception est modifiée, il suffit de modifier dans le chargeur la position du harpon (utilisation de cales). Le harpon peut être remplacé par un bloc mort en cas de suppression complète du câble dans la conception.

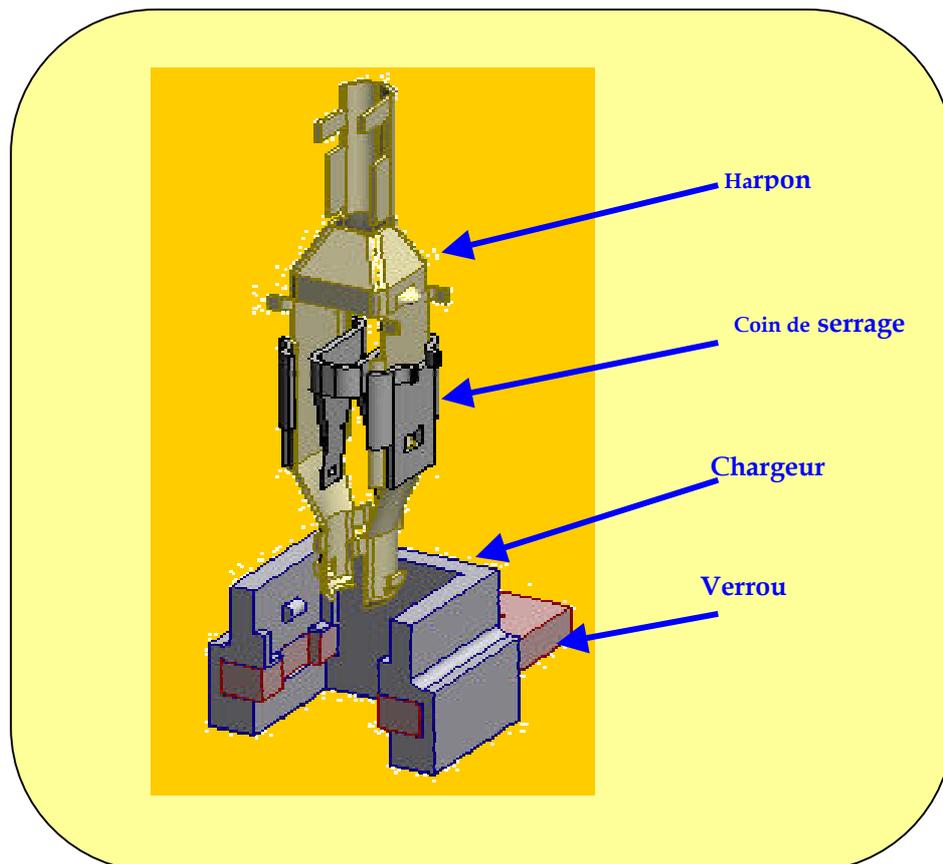


Figure 40 : Dessin 3D du prototype de la solution Harpon

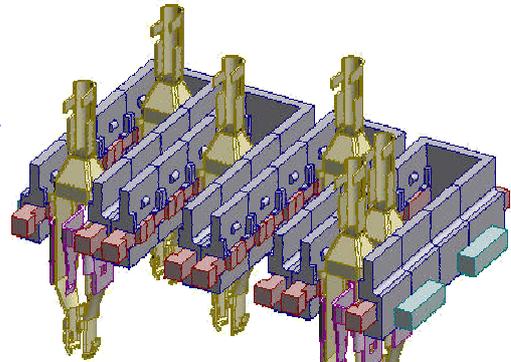
- **Temps d'implantation trop long**

Le temps d'implantation des câbles sur la piste est considérablement réduit puisque c'est tout le chargeur comportant l'ensemble des câbles qui est apposé. Une seule pression permet d'implanter tous les câbles. En revanche, le temps de chargement du chargeur est similaire au temps précédemment employé pour réaliser l'assemblage. Le gain dans ce domaine est donc essentiellement de pouvoir travailler en temps masqué et de synchroniser différemment les tâches d'assemblage. Il devient, par exemple, possible de créer deux postes de chargement des chargeurs pour un poste d'assemblage.

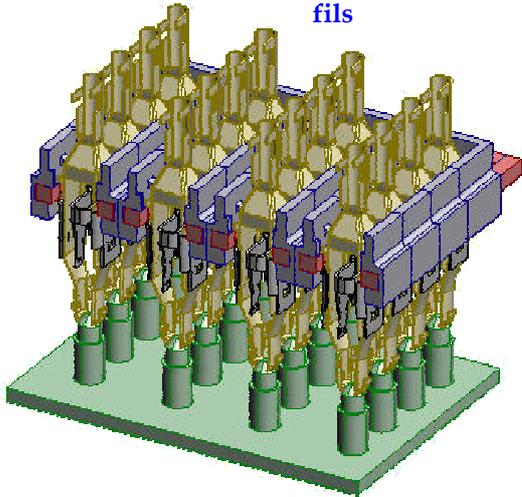
1 Sertissage du fil



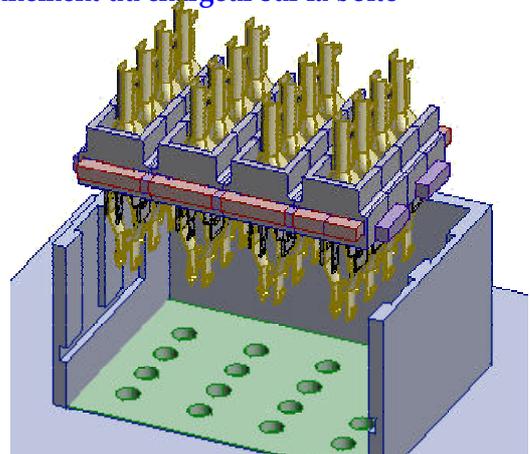
2 Mise en place du fil dans le chargeur



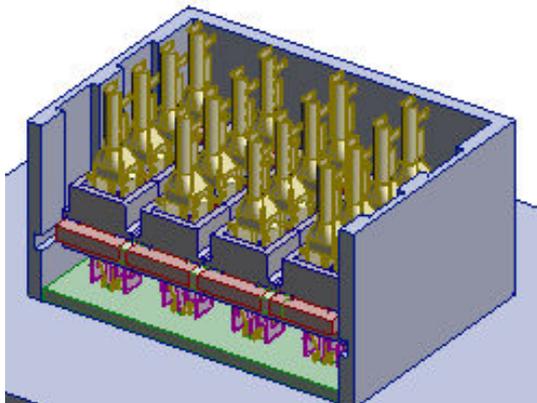
3 Vérification du positionnement de chacun des fils



4 Transfert du chargeur sur la boîte
5 Positionnement du chargeur sur la boîte

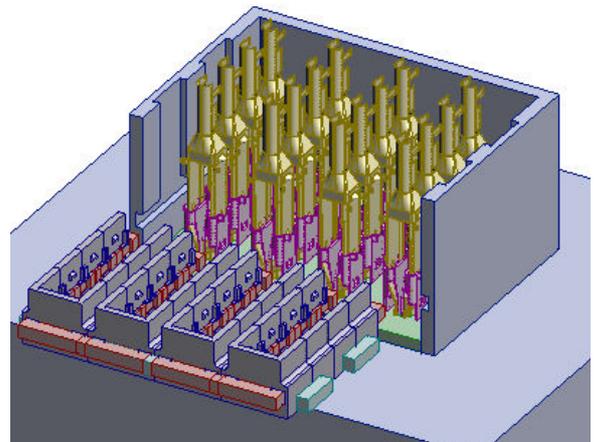


6 Descente des coins pour assurer la pression de contact



7 Bridage des fils

8 Évacuation du chargeur



9 Montage du capot sur le boîtier

Figure 41 : Schématisation du processus d'usage de la solution harpon

- *Manque de fiabilité de l'ensemble monté :*

Ce problème de fiabilité est celui de l'erreur de positionnement du câblage qui peut être commise. Dans le cas du harpon, un gabarit de contrôle électrique et géométrique a été conçu pour vérifier le positionnement des câbles avant leur implantation dans la piste.

- *Pré définition des emplacements de fixation des câbles*

Avec cette solution les emplacements sur la piste sont standardisés. C'est la présence d'un harpon dans le chargeur qui définit la conception réelle. Les concepteurs peuvent donc intégrer les modifications de positions sans retouche des outillages de pistes.

- *Le coût :*

L'étude économique de cette solution a fait apparaître une économie possible de 5 à 7 % sur le prix du boîtier lui-même, et de 2 à 3 % sur l'ensemble boîtier et faisceaux. Mais cette estimation ne prend pas en compte :

- les économies liées à l'absence de modification des outillages de pistes (travaux et mises aux points qui en découlent),
- les nouvelles possibilités d'organisation des flux de production (accroissement de la productivité des postes d'assemblages).

4.2.6. Analyse des résultats

➤ **Bilan quantitatif et qualitatif des solutions**

Le projet a abouti à la proposition de :

- 53 voies de solutions
- 15 concepts de solutions ont été proposés après consolidation de ces concepts et tri pour la prise en compte des critères définis par le cahier des charges.

Sur le plan technique l'aboutissement du projet a donné satisfaction. En effet, le sujet traité était un sujet récurrent dans l'entreprise. Un nombre important d'études avaient donc déjà été menés. Malgré cette connaissance approfondie du sujet il a été possible de proposer de nouveaux concepts ou d'imaginer comment des barrières technologiques jusque là non surmontées pour le développement de certains concepts déjà imaginés, pouvaient être franchies.

La qualité technique de la solution a été validée, dans un premier temps, par le fait qu'elle satisfasse aux critères définis par l'Analyse Fonctionnelle et les contraintes déduites de l'analyse du problème. Cette qualité est également démontrée par la poursuite du développement de deux solutions, l'un générant un projet de recherche et développement, l'autre de prototypage, puis de dépôt de brevet. Comme le démontre cette implication de l'entreprise dans la poursuite de ces projets, le responsable de service s'est déclaré satisfait par les résultats techniques obtenus et au-delà de ces résultats, par la méthode.

De ce point de vue il apparaît donc que la méthode, telle qu'elle a été organisée, donne satisfaction.

➤ **Bilan méthodologique**

Efficacité de la phase d'analyse

Cette expérimentation a permis de vérifier que la nouvelle articulation et instrumentation de la phase d'analyse conduit à une recherche efficace et canalisée d'informations. Sous cette forme, la méthode conduit à focaliser progressivement l'étude sur :

- les phénomènes en cause dans le dysfonctionnement
- la connaissance du périmètre possible d'actions.

Effacité la phase de formulation du problème

Nous avons pu constater que même pour un système technologique l'analyse des causes du dysfonctionnement, lorsque les concepteurs sont confrontés à un vrai problème inventif et non à une erreur commise dans une conception précédente, conduit à faire apparaître un faisceau de sous-problèmes inter reliés. Telle que la méthode d'amélioration a été définie, et mise en œuvre, elle permet d'identifier ce faisceau. En ce sens elle participe bien à la mise en œuvre d'un apprentissage organisationnel car elle initie un mode de représentation de la situation totalement nouveau pour les concepteurs. Ensuite, cependant, elle conduit à sélectionner parmi ces sous problème celui qui apparaît comme majeur et devant faire l'objet de l'étude. Les autres dysfonctionnements deviennent un faisceau de contraintes présents dans l'esprit du groupe de travail. Malgré tout, certaines des solutions imaginées sont plus des réponses à ces sous problèmes qu'à celui qui a été officiellement retenu ce qui rend leur évaluation difficile au regard des critères initialement retenus. Cependant, les efforts sont concentrés sur un seul des sous problèmes. Lors de la consolidation des solutions la difficulté à prendre en compte l'ensemble des dysfonctionnements est un facteur qui diminue la richesse de la solution finale. C'est, par ailleurs, une pratique qui ne peut pas répondre aux configurations propres aux systèmes complexes des organisations.

Effacité de la phase de recherche de solution

Le nombre important de concepts de solutions identifiés démontre que l'instrumentation de TRIZ au sein de la méthode que nous proposons permet effectivement de susciter une ouverture du champ créatif. Le fait que l'une des solutions retenues donne lieu à un projet de recherche démontre de l'ouverture vers des technologies non développées dans l'entreprise jusque là. Par ailleurs, si la qualité de la totalité des concepts de solutions est difficile à évaluer le fait que des solutions aient été retenues signifie une conclusion satisfaisante de la globalité du projet.

Cependant, le nombre de concepts issus de chaque séance de créativité conduit à s'interroger sur le nombre de phases proposées dans la méthode.

En effet, lors de la recherche de concepts avec la matrice des contradictions, 37 concepts ont été identifiés. Les principes de séparations ont permis d'en proposer seulement 2 de plus. Quant à l'utilisation des modèles S-Fields, seuls 7 nouveaux concepts ont émergé pour 23 qui avaient déjà été proposés précédemment. L'utilisation de Tech'Optimizer a apporté 6 concepts supplémentaires.

Outil employé pour la recherche créative	Nombre d'heures consacrées	Pourcentage Horaire	Nombre de concepts obtenus	Pourcentage /au nombre final de concepts
Matrice	(7 * 3)	41	37	70
S-Field et principes de séparation	(7 * 3)	41	10	19
Tech 'OPTimizer	(1 * 9)	18	6	11

Tableau 25 : Relation volume horaire de la recherche de solutions / nombre de concepts identifiés

Au regard du pourcentage de temps consacré (tableau 25), il faut se poser la question de l'intérêt de mener l'ensemble de ces étapes de recherche créative. La « productivité » déployée lors de l'utilisation de la matrice est beaucoup plus importante que celles des autres séances. Cet outil bénéficie du fait d'être le premier employé, il y a dans les séances suivantes une redondance, inévitable, dans les idées émises par les membres du groupe. Ce phénomène s'explique, d'après ce que nous avons observé, par le fait que les concepteurs demeurent souvent « accrochés » à une idée qui les séduit. Ils tendent alors à prolonger et approfondir son développement plutôt que de poursuivre une recherche ouverte. Mais, par ailleurs, nous avons montré au paragraphe 3.2.2 qu'un grand nombre de concepts de solutions est commun aux différentes bases de données de TRIZ, ce qui explique également cette redondance. L'apport d'un usage successif des outils pour le recherche même des solutions est donc

limité. En fait, selon nous, l'intérêt de ces outils différents – matrice, S Field, principes de séparation - est l'évolution des points de vue qu'imposent les différents formalismes de modélisation qui leur sont associés. Ce phénomène induit une démarche informelle d'analyse que nous avons pour notre part cherché à formaliser dans notre méthode. Aussi, dans le cadre d'une utilisation des outils de TRIZ sous leurs formes classiques, l'utilisation de la seule matrice peut-être envisagée. Le recours aux autres outils demeurerait alors réservé aux cas dans lesquels aucune solution satisfaisante n'est obtenue. Cette évolution est également justifiée par le fait que la matrice est l'outil que des débutants peuvent le plus facilement appréhender. Limiter le recours à cet outil permet de faciliter le transfert de la méthode au monde industriel.

Efficacité de la phase d'évaluation des solutions

L'examen des choix effectués par le groupe lors de la sélection des solutions montre que cette sélection intègre différents aspects.

D'une part, elle prend en compte les critères issus de l'analyse fonctionnelle dans la mesure où le niveau de développement de la solution est cohérent avec les valeurs requises par ces critères. Ce premier moyen d'évaluation est donc parfaitement formalisé et quantifiable.

En revanche, toute la démarche d'analyse réalisée, dont les résultats ont été pour partie transmis au groupe, pour partie construits avec ce groupe, permet d'évaluer ces solutions par rapport à ce qu'elles impliquent dans le système global.

La compréhension qu'ont les membres de ce groupe de la situation globale évolue au cours du projet. Les solutions techniques retenues dans le cas présent en sont le témoignage. Ainsi toute solution faisant appel au soudage avait été définie comme inenvisageable lors de la phase d'analyse. Cette idée a cependant été retenue pour un programme R et D.

La méthode permet donc bien de déclencher une évolution de la réflexion, du regard porté sur les sujets étudiés. La participation des membres du groupe aux réunions, l'absence d'absentéisme, l'implication dans les phases de créativité démontre de la capacité de la méthode à mobiliser les individus. De la même façon que la poursuite des projets par l'entreprise et de sa décision d'intégrer cette méthode au sein de celles à employer par ses concepteurs.

4.2.7. Bilan

L'expérimentation a permis d'avancer au regard des hypothèses formulées.

La conduite de la phase d'analyse a effectivement permis de parvenir progressivement d'une vision globale du problème à son expression sous la forme des phénomènes physiques en cause. Cette expression a été obtenue par un échange entre des spécialistes aux points de vue différents et jusque là non convergents. Nous parvenons donc bien ici à atteindre le second objectif qui est celui de la création d'une vision partagée.

En ce qui concerne TRIZ, la méthode a effectivement pu être employée comme support à la créativité. Elle a rempli son rôle en tant qu'outil créatif. En revanche, son intégration, son usage, dans l'entreprise a fait l'objet d'une médiation. L'apport des principes de solutions, l'animation des réunions reposait sur l'intervenant. Le problème du transfert de la méthode d'amélioration au sein de l'entreprise sans la formation préalable d'un expert à TRIZ et à l'animation des séances de créativité reste posé.

Le fait que le projet ait ensuite été repris et poursuivi par l'entreprise (développement des prototypes, dépôts de brevets) démontre de l'appropriation des solutions.

L'aspect initiation et développement de l'apprentissage organisationnel est plus difficile à appréhender. Comme nous l'indiquons dans le protocole nous le mesurons essentiellement par la poursuite et le comportement du groupe. Dans le cas présent, le fait que le groupe a toujours été présent aux réunions, qu'il n'y ait pas eu de défection sont des premiers témoignages d'intégration et d'intérêts pour la méthode et les résultats fournis. La participation de ses membres aux phases de recherche de solutions, de qualifications de solutions en sont d'autres. Enfin, l'étude s'est prolongée

par une étude sur les moyens à mettre en œuvre pour intégrer la méthode dans l'entreprise.

4.3. Évolutions apportées au modèle pour son application aux processus

L'exploitation de la méthode pour la résolution de problèmes organisationnels requière de satisfaire à des points qui ne sont pas à traiter pour l'amélioration de systèmes technologiques. Ces différences nous ont conduit à modifier le déploiement des différentes phases de la méthode avant la première expérimentation.

4.3.1. Modifications apportées à la formalisation et modélisation du problème

➤ Découverte du problème

Comme dans le modèle produit une rencontre entre le poseur de problème – responsable de service – et l'intervenant extérieur aboutit:

- à la définition du processus fonctionnel défaillant,
- à la définition du processus transversal regroupant les autres processus fonctionnels inter reliés avec celui étudié,
- au choix des personnes à rencontrer afin d'appréhender le problème notamment dans ses liaisons avec ses autres processus fonctionnels.
- Une série d'entretiens individuels est menée auprès des acteurs des différentes fonctions opérant dans le processus transversal auquel appartient le processus fonctionnel étudié. Ils ont pour objet d'identifier :
 1. les opérations effectuées,
 2. les ressources informationnelles, physiques et humaines employées,
 3. les moyens de contrôle employés,

Ces informations sont ensuite mises en forme par l'intervenant sous forme de :

- flow charts représentant les processus fonctionnels,
- de représentation des bases de données informationnelles et des flux d'informations afférents à chacun de ces processus,
- d'un compte rendu d'analyse des informations recueillies.

L'ensemble de ces documents est présenté aux personnes interrogées pour correction / validation puis transmis au responsable de service.

➤ Analyse du problème

Le responsable de service et l'intervenant se rencontrent ensuite à différentes reprises pour :

- apporter des modifications, si nécessaires à ces informations,
- réaliser l'Analyse fonctionnelle externe du processus étudié,
- renseigner le questionnaire d'analyse du problème

Contrairement au modèle spécifié pour les systèmes technologiques, le questionnaire d'analyse est, dans ce modèle, soumis uniquement au poseur de problème. Pour cette première expérimentation du modèle à ce type de problème il était plus aisé d'échanger directement avec le poseur du problème pour expliquer la nature des informations recherchées. Il semblait également plus facile à une personne à ce poste de disposer du recul nécessaire pour exprimer :

- les relations entre le processus fonctionnel et le processus transversal,
- les objectifs à atteindre,
- l'histoire de ce processus...

Au cours du renseignement du formulaire, les informations réunies et la compréhension progressive qui se crée du problème sont traduites au travers d'une représentation construite par l'intervenant et le poseur de problème. Le formalisme que nous avons retenu pour effectuer cette représentation est celui proposé par Zlotin et Zusman et présenté par Terninko [102].

Le procédé de formulation du problème s'appuie sur la construction d'un graphe de ce que Terninko nomme des « fonctions » animant le système étudié. En réalité, cette appellation de fonctions désigne plus un phénomène, un événement, un état qu'une fonction au sens qui lui est généralement conféré.

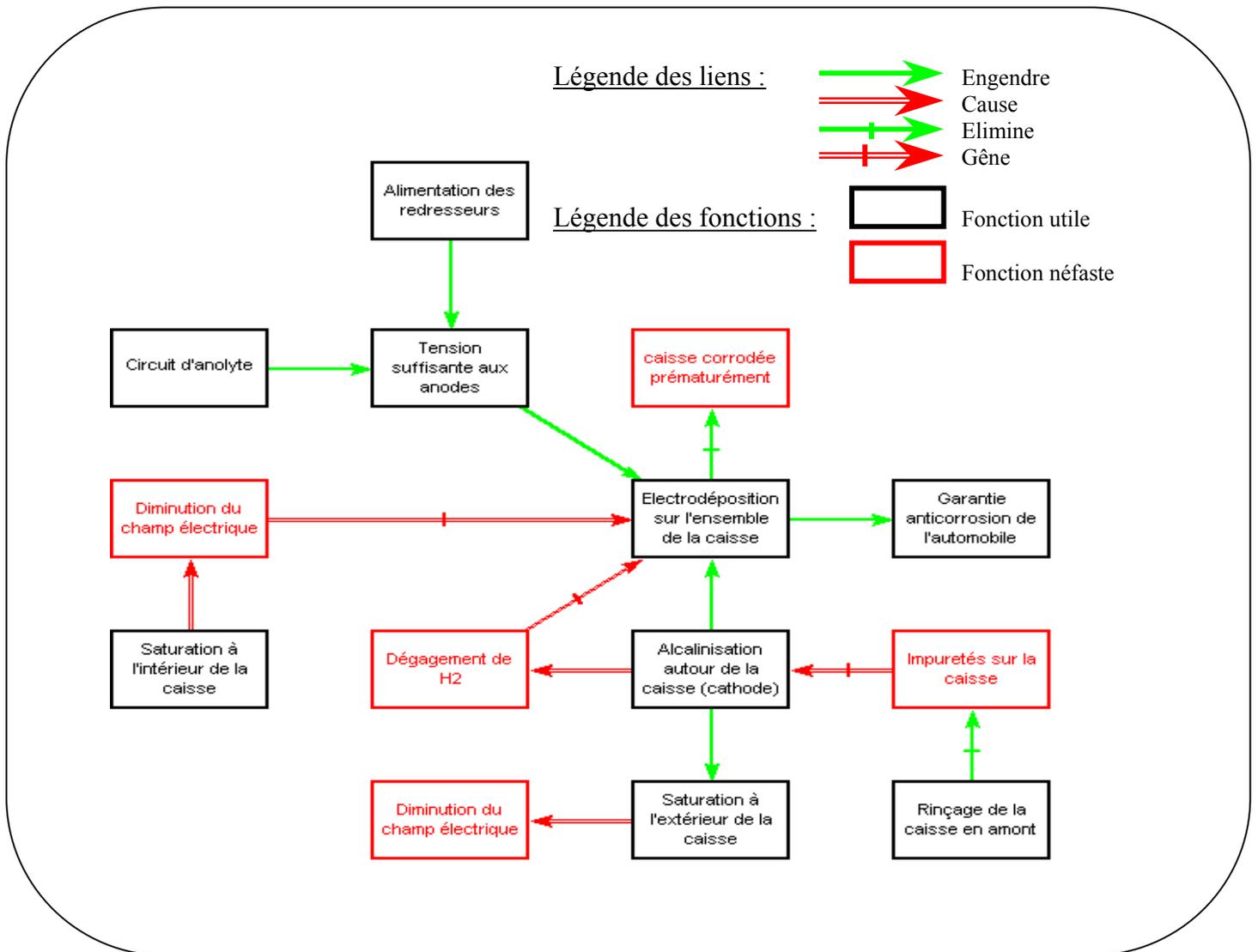


Figure 42 : Exemple de représentation causale possible avec le formalisme proposé par Zusman et Zlotin (cas extrait d'une étude industrielle)

En fait, les blocs de construction qui forment le graphe ne constituent pas des fonctions mais des états souhaités ou constatés d'une composante ou d'une caractéristique matérielle ou immatérielle du système. Ce mode de représentation restitue sur un même plan des interactions entre des

composantes habituellement difficiles à rapprocher car appartenant à des niveaux systémiques différents (ex : incidence d'une politique de réduction du nombre de fournisseurs sur la réalisation des opérations de fabrication) ou de natures très différentes (ex : Combinaison de l'influence du niveau de formation des opérateurs et de l'exploitation en juste à temps d'installation de production).

Le graphe met en évidence la multitude de sous problèmes en interaction et la façon dont leur enchaînement donne lieu au problème de conception considéré. La construction du graphe prend pour base ce que nous nommerons donc une fonction (dans le sens que nous lui avons défini dans le paragraphe précédent). Cette fonction peut-être la Fonction Néfaste primaire (FNP) ou la Fonction Utile Primaire (FUP), l'une et l'autre identifiées comme étant à l'origine du problème traité.

L'utilisation d'une série de questions guide ensuite la construction du reste du graphe. Selon le point de départ choisi les questions à se poser alors explorent les différentes natures de liens causaux qui peuvent relier deux fonctions :

- La FU est-elle requise pour l'obtention d'une autre FU ?
- La FU cause t-elle une FN ?
- La FU permet-elle l'élimination d'une FN ?
- L'apparition de cette FU requiert-elle la présence d'une $F_{n-1}U$?
- La F_nN est-elle causée par une autre $F_{n-1}N$?
- La F_nN engendre-t-elle une $F_{n+1}N$?
- La F_nN est-elle générée par une F_nU ?
- La F_nN est-elle supprimée par une F_nU ?

Les réponses à ces questions sont traduites au moyen du formalisme de couleurs et de formes de flèches indiqué dans la figure 42.

La recherche d'information menée par l'intervenant ainsi que le travail d'analyse du problème et de son contexte réalisé avec le poseur de problème, peuvent être synthétisés sous cette forme. Cette modélisation fournit le moyen de rendre compte de la complexité de la situation, de l'expliciter, avec un graphisme simple. Ce mode de représentation offre donc la possibilité d'être rapidement approprié par des personnes non formées aux théories des systèmes complexes et de leur représentation.

4.3.2. Modifications apportées à la phase de génération des voies de solutions

➤ Outils de TRIZ classiques employés

Compte tenu des résultats issus de l'expérimentation nous avons choisi de n'utiliser que la seule matrice des contradictions pour la recherche de solutions créatives. Cet outil n'a pas été utilisé au sein de l'entreprise mais à l'extérieur avec un groupe de créativité. Devant la difficulté de traduire les concepts énoncés sous une forme technologique dans la matrice nous avons choisit dans un premier temps de mener la recherche de solutions avec des personnes exercées à ce type d'exercice et de méthode.

➤ Exploitation des logiciels

Deux cas de figures différents se présentent avec les logiciels pour leur application à des problèmes organisationnels.

En effet, le logiciel Tech'Optimizer est fondamentalement conçu pour l'amélioration de systèmes technologiques. Le formalisme de représentation graphique spécifie son usage par lui-même puisqu'il

est basé sur la représentation des liaisons d'actions entre des composants physiques (figure 43). Cette représentation est très proche de celle des schémas S-Fields dont elle est issue. Par différence, la représentation proposée dans IWB n'est pas conditionnée par l'existence matérielle d'un composant. Elle intègre la nature de la relation existant entre des états. Elle peut, de ce fait, être employée pour la représentation de phénomènes autres que physiques. Par ailleurs, comme l'indique Zusman et Zlotin [111], ce formalisme de modélisation permet la représentation de problèmes de type S-Field, mais également des contradictions techniques et physiques.

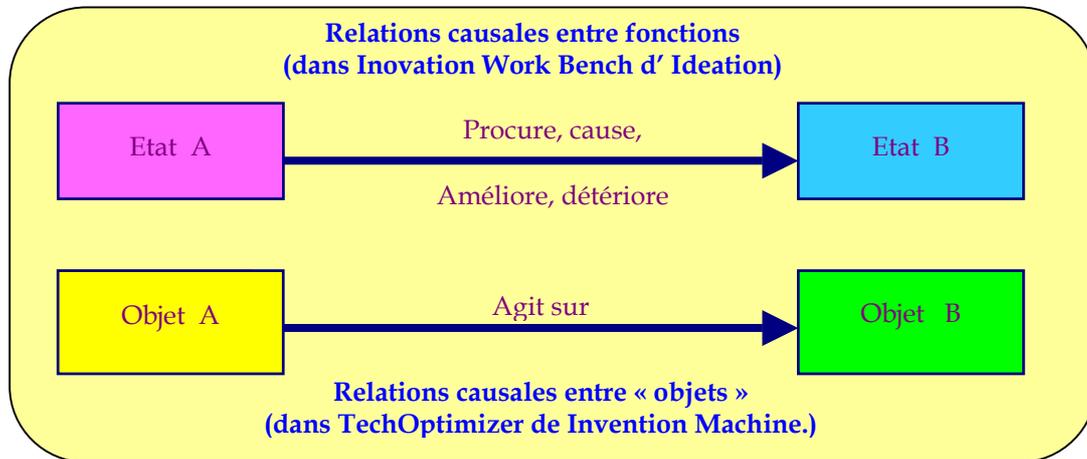


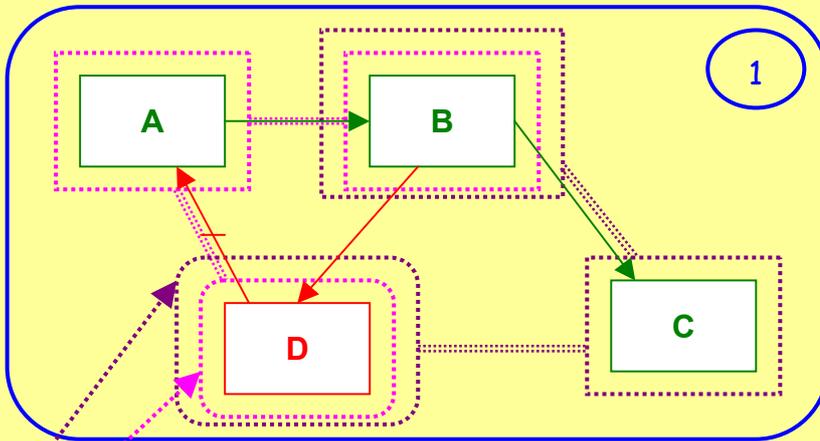
Figure 43 : Différence de natures de relations causales dans les graphismes IWB et Tech'Optimizer

Une traduction syntaxique du graphe reconstitue ensuite les différentes formes de problèmes schématisés suivant la nature de liaisons et enchaînements de causalités existants. Huit formes d'expressions syntaxiques sont alors employées pour restituer ces problèmes (Directions for Innovation, étape 2, figure 44). Les bases de ces expressions sont celles des modèles de TRIZ classique mais les formes employées permettent, pour un problème donné, d'élargir ou non le périmètre causal pris en compte.

L'étape suivante de traitement consiste à sélectionner les formes d'expression du ou des problèmes correspondant à ce qui doit être résolu parmi les différentes propositions énoncées et à éditer les recommandations proposées par le logiciel pour « attaquer » des problèmes (étape 3, figure 44). Ces phrases constituent donc des modèles standards de problèmes au même titre que les contradictions techniques, physiques ou les graphes S-Fields dans TRIZ Classique.

De la même façon l'ensemble des : principes de la matrice, solutions standards des S-Fields, des principes de séparations et des étapes des lois d'évolution ont été restructurés en quatre groupes d'opérateurs. La présence de liens hypertextes entre les recommandations et une sélection de ces opérateurs permet d'obtenir les concepts de solutions les plus appropriés pour résoudre le problème à traiter. Sur la base de ces opérateurs sont alors accessibles d'autres opérateurs dans le cas où les premiers seraient jugés insuffisants ou manquant de clarté. Mais des exemples d'exploitation des idées sont également associés (il s'agit essentiellement de brevets ou de principes physiques).

Les concepts de solutions présents dans TRIZ classique sont proposés dans IWB mais une partie d'entre eux a été détaillée, ils ont été spécifiés. Ces opérateurs très spécialisés, ainsi que l'ensemble de ceux destinés à l'amélioration d'une caractéristique ou d'un paramètre technique, ne peuvent être exploités pour la recherche de solutions à des problèmes organisationnels. Ces concepts sont destinés au traitement de problèmes définis au niveau de la construction physique des solutions. En revanche, les concepts généraux, sont tout à fait porteurs de sens dans une vision du problème exprimée non pas en termes de solutions physiques mais fonctionnelles. Le logiciel peut permettre de faciliter l'utilisation de TRIZ comme outil de créativité car il offre une présélection des concepts grâce à ce tri.



Traduction syntaxique : « Directions for Innovation »

2

1. Find an alternative way to obtain [the] (A) that offers the following: provides or enhances [the] (B), is not influenced by [the] (C).
2. Find an alternative way to obtain [the] (B) that offers the following: provides or enhances [the] (D), does not cause [the] (C), does not require [the] (A).
3. Try to resolve the following contradiction: The useful factor [the] (B) should be in place in order to provide or enhance [the] (D), and should not exist in order to avoid [the] (C).
4. Find a way to eliminate, reduce, or prevent [the] (C) under the conditions of [the] (B).
5. Find an alternative way to obtain [the] (D) that does not require [the] (B).
6. Consider transitioning to the next generation of the system that will provide [the] (D) in a more effective way and/or will be free of existing problems.

Sélection des problèmes à traiter et édition des recommandations

Exemple - problème :

1. Find an alternative way to obtain [the] (A) that offers the following: provides or enhances [the] (B), is not influenced by [the] (C).

Recommandations :

- 1.1. Improve the useful factor (A).
- 1.2. Obtain the useful result without the use of [the] (A).
- 1.3. Increase effectiveness of the useful action of [the] (A).
- 1.4. Synthesize the new system to provide [the] (A).
- 1.5. Protect [the] (A) from the harmful influence of [the] (C).
- 1.6. Apply universal Operators to provide the useful factor (A).
- 1.7. Consider resources to provide the useful factor (A).

3

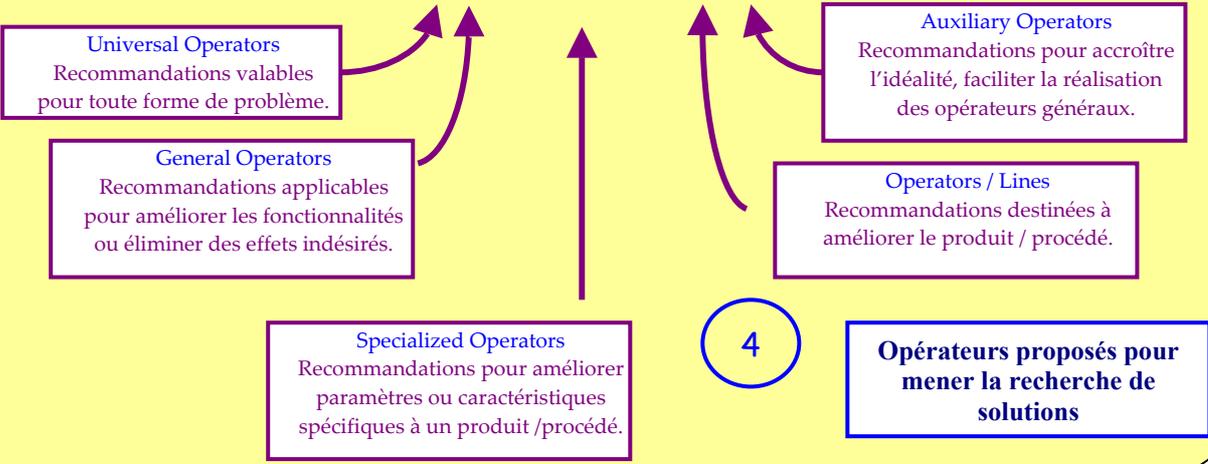


Figure 44 : Algorithme d'utilisation du logiciel IWB

En conséquence, son utilisation a été intégrée de façon systématique tant pour la construction du modèle que pour la recherche de solutions.

4.3.3. Modifications apportées à la phase de construction et de sélection des solutions spécifiques

➤ Consolidation des voies de solutions

Dans un premier temps, l'ensemble des voies de solutions imaginées pour chacun des sous problèmes est soumis au groupe de travail. Ces voies de solutions sont discutées, rejetées, acceptées, enrichies. Les solutions retenues par le groupe sont ensuite reprises par l'intervenant afin d'être associées entre elles.

Nous avons montré que l'analyse d'un problème technologique met en évidence la présence non pas d'un problème mais d'un faisceau de problèmes. Tous ne seront pas pris en compte dans l'étude mais plusieurs seront traités. Les solutions développées pour chacun d'entre eux devront être, au minimum, compatibles.

Pas ailleurs, ces différentes solutions, prises individuellement, si elles ont pour objet d'agir essentiellement sur un des sous systèmes – opérationnel, informationnel ou décisionnel, - leur mise en œuvre impacte obligatoirement les deux autres sous systèmes. Il faut donc effectuer un tri des solutions qui prenne en compte leurs propriétés intrinsèques à résoudre l'un des sous problèmes mais également à s'associer avec les solutions partielles des autres groupes. Pour éviter un jugement subjectif de ces solutions, tel qu'obligatoirement un pur raisonnement cognitif peut amener, il faut parvenir à prendre en compte ces interactions. Le traitement appliqué pour intégrer cette dimension est celui rapporté dans l'annexe 2.10.

Lorsque les voies de solutions ont ainsi été sélectionnées ces propositions sont mises en forme avant d'être définitivement proposées au responsable de service.

➤ Cotation et sélection des solutions

Dans le cas des systèmes technologiques, les critères de l'analyse fonctionnelle fournissent une part importante des éléments d'appréciation des solutions. Dans le cas des processus nous ne menons pas l'analyse fonctionnelle jusqu'à la définition de ces critères.

La sélection des solutions repose donc sur des choix individuels après que l'ensemble des solutions proposées ait été expurgé des solutions qui ne satisfont pas aux contraintes et critères définis lors de la phase d'analyse du problème.

4.4. Application du modèle à un cas processus – Cartonnages Guillaume

4.4.1. Contexte et nature du problème traité

Les Cartonnages Guillaume sont créés en 1931, l'atelier artisanal de l'époque comprend 5 personnes dont la directrice. La profession du cartonnage regroupe les activités qui portent sur la transformation du carton. Les cartonnages Guillaume interviennent sur un secteur nommé cartonnage recouvert et photographique qui représente environ 5% de ce marché français global (soit 950 millions de francs / an environ d'après la fédération française du cartonnage).

Le cartonnage monté couvert est basé sur une boîte rigide qui ne peut être mise à plat. On peut lui adjoindre un double fond en ajoutant à l'ensemble une autre boîte aux dimensions légèrement inférieures. Ce double fond peut être utilisé pour mettre en appui une boîte intérieure. Un thermoformage, superposé à ce dernier élément (recouvert de satin, feutrine, soie...) peut servir de support à un flacon d'alcool, ou de parfum, à une ceinture. Chaque boîte est, en elle-même, un objet de luxe et sa conception un acte artistique.

Devenue une S.A en 1978, l'entreprise emploie 113 personnes en 1998 lorsque son redressement judiciaire est prononcé. Le plan social qui s'ensuit amène l'entreprise à réduire son effectif à 69 personnes en 1999.

Cette importante réduction a été rendue possible en supprimant des secteurs entiers d'activités de l'entreprise (fermeture d'un site au Portugal, abandon de l'activité Publicité sur les Lieux de Ventes). Il a fallu également réduire le personnel des parties administration, conception et gestion ainsi que le nombre de salariés en production. Pour ce dernier point c'est essentiellement le recours à l'intérim qui a été fortement diminué (Frais d'Intérim en 1998 : 4 MF pour 399 kF en 1999). Entre 1995 et 2000, quatre organigrammes différents ont été déployés. Le responsable de la production a quitté l'entreprise après avoir instauré un mode de fonctionnement extrêmement peu participatif. Aucun projet d'homogénéisation des ressources informatiques n'a été mené depuis le début des années 80.

En conséquence, l'entreprise prend des marchés difficiles en termes de délais et de complexité des produits à fabriquer alors que son propre mode de fonctionnement est défaillant afin de maintenir un Chiffre d'Affaires.

Le projet global de l'entreprise lorsque nous avons lancé cette étude était de remettre « à plat » la totalité de son organisation grâce à l'implantation d'un système informatique. Mais le choix et l'implantation d'un tel système sont systématiquement précédés par une étude du fonctionnement actuel, une détection et si possible une résolution des dysfonctionnements identifiés avant l'établissement d'une short-liste, des tests, un choix de progiciel et un nouveau projet d'implantation cette fois. Le résultat de ce projet, compte tenu des nombreux et importants dysfonctionnements qui régnaient dans l'entreprise, ne pouvait pas prendre effet avant un délai de deux années. Durant cette période, il fallait continuer à faire fonctionner l'entreprise avec les moyens existants et tenter de réduire ces problèmes de retard à la livraison et de manque de productivité.

Par ailleurs, les difficultés financières, les nombreux licenciements et changements structureaux de l'organisation (les quatre organigrammes) avaient contribué à instaurer un climat de travail très difficile dans l'entreprise. Le personnel de la société était essentiellement constitué de personnes disposant de très peu de formation de base ayant fait toute leur carrière dans l'entreprise et donc inquiètes quant à leur devenir. De ce fait, le service commercial, par le biais des commandes et donc du chiffre d'affaires qu'il fournissait disposait d'une forme de pouvoir très fort dans l'entreprise.

L'expérimentation menée faisait suite à une demande du responsable de production nouvellement embauché et chargé en parallèle du projet d'implantation du nouveau système informatique de gestion (administrative, technique et production). L'objectif du projet était de déterminer s'il était possible de proposer des solutions qui viennent devancer et compléter les résultats futurs de ce système informatique et cela sur le sujet précis de l'ordonnancement des ordres de fabrication pour

l'atelier de fabrication semi-automatique. Mais le second objectif de ce projet était également d'initier une nouvelle façon de travailler. De créer une dynamique entre les services et de permettre des échanges afin que les différents acteurs appréhendent la réalité des autres fonctions et les implications de leurs propres actions.

4.4.2. Formalisation et modélisation du problème

➤ Découverte du problème

- Énoncer le problème

Étape menée par le poseur de problème et l'intervenant.

La production regroupe trois secteurs d'activités : « La préparation », « l'habillage manuel », « l'habillage automatique ». Le stock de matière première précède ces services et le stock de produits finis est en aval de ceux-ci. Trois types de macro gammes de fabrication peuvent être considérés :

- les produits simples réalisés sur des machines automatiques
- des produits réalisés manuellement
- des produits fabriqués partiellement en manuel, partiellement en automatique

Des gammes particulières sortent de ce cadre, qui font appel à des travaux de sous-traitance externe ou à la réalisation non conventionnelle de tâches de fabrication par le secteur préparation.

Les produits fabriqués sont le plus souvent volumineux et peu « rangeables », la surface de l'atelier est généralement occupée sur environ 10% par des encours.

La taille des séries traitées est tout à fait variable. Elle varie de 1 à 1000 unités sur la zone de fabrication manuelle. La zone de fabrication automatique prend, elle, en charge des séries d'un volume évoluant entre 1000 et 50 000 unités. Cependant, des caractéristiques dimensionnelles et/ou techniques peuvent remettre en cause cette répartition purement mathématique et obliger la fabrication en manuel de séries supérieures à 1000 unités.

L'atelier de fabrication automatique regroupe sept machines de même type, avec des caractéristiques dimensionnelles différentes. Leurs plages de fonctionnement se recouvrent en partie, certaines commandes peuvent ainsi être traitées sur deux postes différents tandis que pour d'autres cette flexibilité n'existe pas.

Les contraintes de gestion sont nombreuses :

- des temps de réglages machines importants
- un nombre de régleurs inférieur au nombre de machines, ces régleurs étant en même temps les conducteurs des machines, cela signifie que la capacité de production réelle de ce secteur n'est pas définie par ces machines (surcapacité) mais par son personnel.
- entre deux séries le personnel doit être occupé tandis que le régleur prépare la série suivante, pour y parvenir la conduite de la machine est souvent laissée à des personnes non formées ce qui provoque des problèmes de qualité,
- la plupart des postes de fabrication sur ces machines demandent une pratique et un savoir-faire qui sont longs à acquérir. Il n'est donc pratiquement pas possible de désengorger ce poste avec du personnel intérimaire. Seul un personnel polyvalent au sein de l'entreprise pourrait tenir ce rôle mais les autres secteurs de fabrication sont eux-mêmes souvent chargés, des tailles de séries très différentes ne facilitent pas les échanges entre secteurs. De plus, une politique ancienne de discrimination des salaires fait que le personnel du secteur manuel ont des revenus supérieurs ce qui ne facilite pas les échanges entre les deux secteurs. Le travail étant par ailleurs considéré comme plus noble en secteur manuel.

- Rechercher les informations

Étape menée par l'intervenant seul.

Moyens déployés et informations obtenues

- Chacune des personnes rencontrées a été interrogée sur :
 - la nature des actions effectuées dans le cadre de sa mission,
 - les natures et formes des informations reçues, gérées et transmises aux autres fonctions,
 - les objectifs assignés par sa hiérarchie dans le cadre de la réalisation de sa mission,
 - les objectifs qu'elle se donne,
 - les changements souhaitables pouvant lui faciliter l'atteinte de ces objectifs,
 - les documents et moyens informatiques utilisés dans le cadre de l'exercice de ses missions.
 - Personnes interviewées:
 - direction,
 - responsable de la production,
 - responsable des ressources humaines
 - responsable de la conception,
 - deviseuse,
 - commercial
 - responsable méthode
 - responsable achat
 - responsable magasin
 - responsables des différents secteurs de production
 - responsables du magasin produits finis
 - Ces entretiens ont permis de :
 - prendre connaissance et de formaliser les différents processus de l'entreprise. Ces processus sont ceux dans lesquels le dysfonctionnement intervient mais également les processus interconnectés.
 - d'identifier les flux d'informations associés à ces processus
 - d'établir un bilan synthèse des implications du fonctionnement de ces processus sur l'organisation globale de l'entreprise (annexe 6.1) .
- a) Réunion avec le poseur de problème
- Validation de la documentation de synthèse.
 - Système global identifié : Processus de lancement des fabrications
 - Sous-système lieu du dysfonctionnement et objet de l'étude ; «Le **processus de lancement** des fabrications sur le secteur d'habillement automatique ».
 - **La composition du groupe de travail aurait dû être arrêtée à ce moment.** Mais à ce stade de l'expérimentation la réalisation des entretiens avait fait apparaître des problèmes relationnels très forts entre les différents secteurs. Les relations entre les services amonts à la production et la production elle-même étaient particulièrement difficiles. L'instauration d'un groupe de travail, destiné notamment à travailler à l'amélioration de ces relations, ne pouvait être possible que dans le cadre d'une insistance très forte de la direction. Or c'est à ce stade de l'étude que la direction a annoncé le projet de vente de l'entreprise à un groupe de négoce. Dans ce contexte, il est devenu impossible de mettre en œuvre la partie projetée du projet portant sur la dimension humaine de la méthode. Il a cependant été décidé de poursuivre ce projet dans sa partie analyse et recherche de solutions. L'objectif de ce prolongement était de disposer d'une première possibilité

d'évaluation des capacités « techniques » de la méthode sur ces phases du projet. En conséquence, les personnes impliquées dans la suite de cette étude ont été la direction de l'entreprise, les responsables de la production ainsi que des ressources humaines et les intervenants extérieurs de l'entreprise.

b) Analyse fonctionnelle externe (annexe 6.2)

Étape menée par le poseur de problème et l'intervenant.

L'analyse fonctionnelle démontre une interaction de ce processus avec les processus amonts. Il est donc impossible d'améliorer fondamentalement ce processus si aucune action n'est possible dans ces secteurs. Les fonctions identifiées dans cette analyse étaient les suivantes :

- FP1 : Définir l'ordre de passage des commandes en fonction des capacités de production.
- FC1 : Semi-finis disponibles
- FC2 : Délais respectés
- FC3 : Coût de revient cohérent avec la rentabilité requise
- FC4 : Caractéristiques physico-chimiques des matières premières compatibles avec le niveau de qualité requis
- FC5 : Optimisation de l'utilisation de la capacité de travail manuel
- FC6 : Optimisation de l'utilisation de la capacité de travail machine
- FC7 : Prise en compte de la variabilité des critères d'optimisation de l'ordonnancement liée à la variabilité des typologies de commandes.

Compte tenu des nouvelles limites de l'étude il est donc apparu que le seul domaine d'action envisageable dans cette étude concernait les actions possibles sur les fonctions FC5, FC6, FC7.

➤ **Analyse du problème**

Étape menée par le poseur de problème et l'intervenant.

- Définir la structure et le fonctionnement du système
 - Analyse technique

Le fonctionnement du processus de lancement est décrit par le logigramme de la figure 45.

- Fonction utile primaire de service

« Le respect des délais clients »

Les dysfonctionnements constatés dans le processus entraînent le non-respect de cette fonction.

- Définition des mécanismes à l'origine de l'effet néfaste.

Différentes causes favorisent ce dysfonctionnement :

- hétérogénéité des systèmes d'informations dans les différents processus interagissant avec celui étudié. Cela entraîne des retards d'approvisionnement des matières premières qui déstabilisent le programme de travail,
- absence d'un réel ordonnancement en amont, lié à l'absence d'une vraie gamme de fabrication associée à des temps prévisionnels indispensables pour un programme géré comme un MRP²²,
 - manque de capacité en personnel de production, de réglage.
 - temps de réglage des machines trop importants,
 - forte fluctuation des temps de traitement des séries,
 - parc machine ancien et problème de qualité en découplant,

Mais ce qui rend la situation incontrôlable est l'intégration permanente d'ordres d'urgence dans les plannings prédéfinis.

²² MRP : Material Requirement Planning

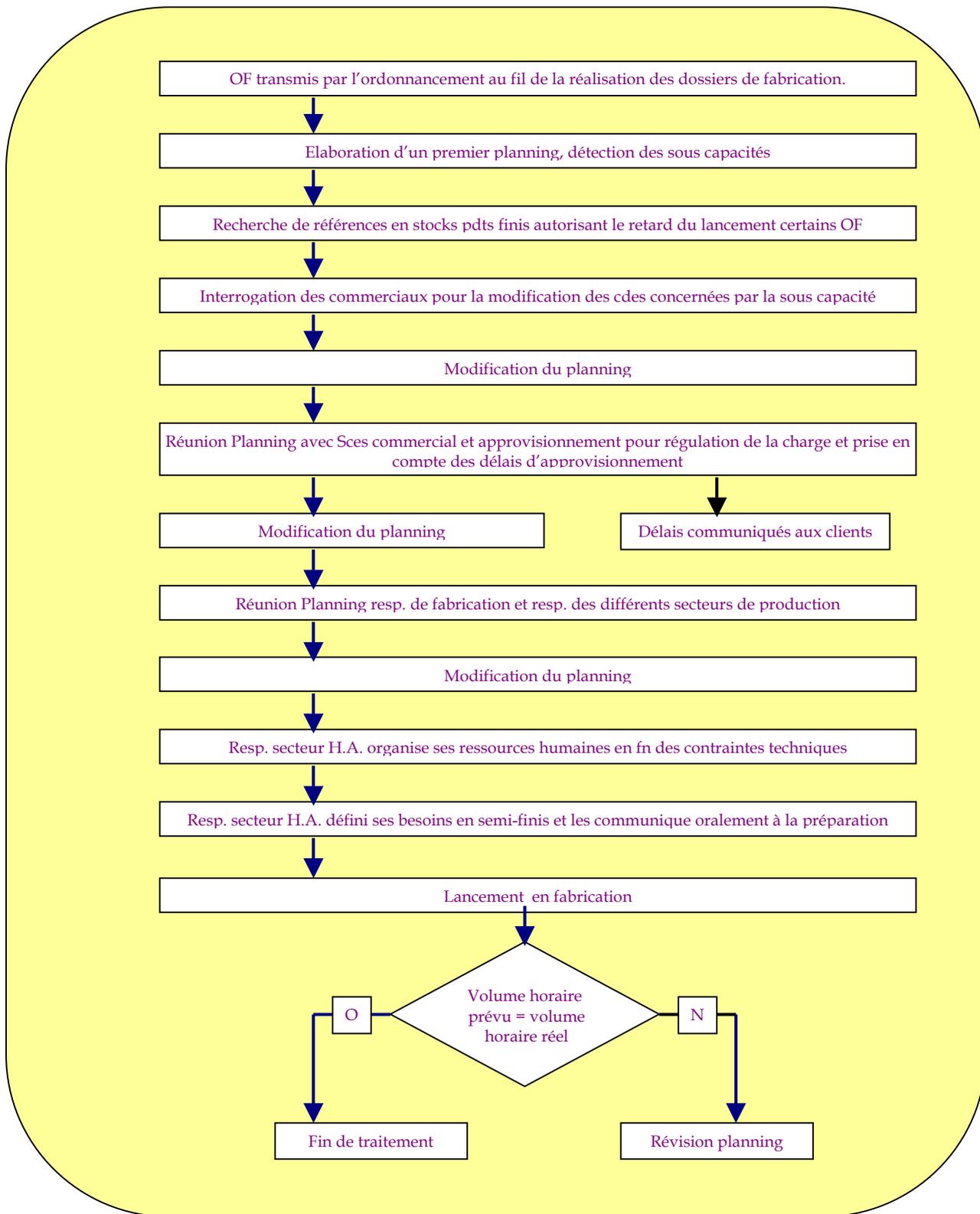


Figure 45 : logigramme du processus de lancement.

- Modélisation du problème
 - Modélisation causale du dysfonctionnement (figure 46)

Étape menée par le poseur de problème et l'intervenant.

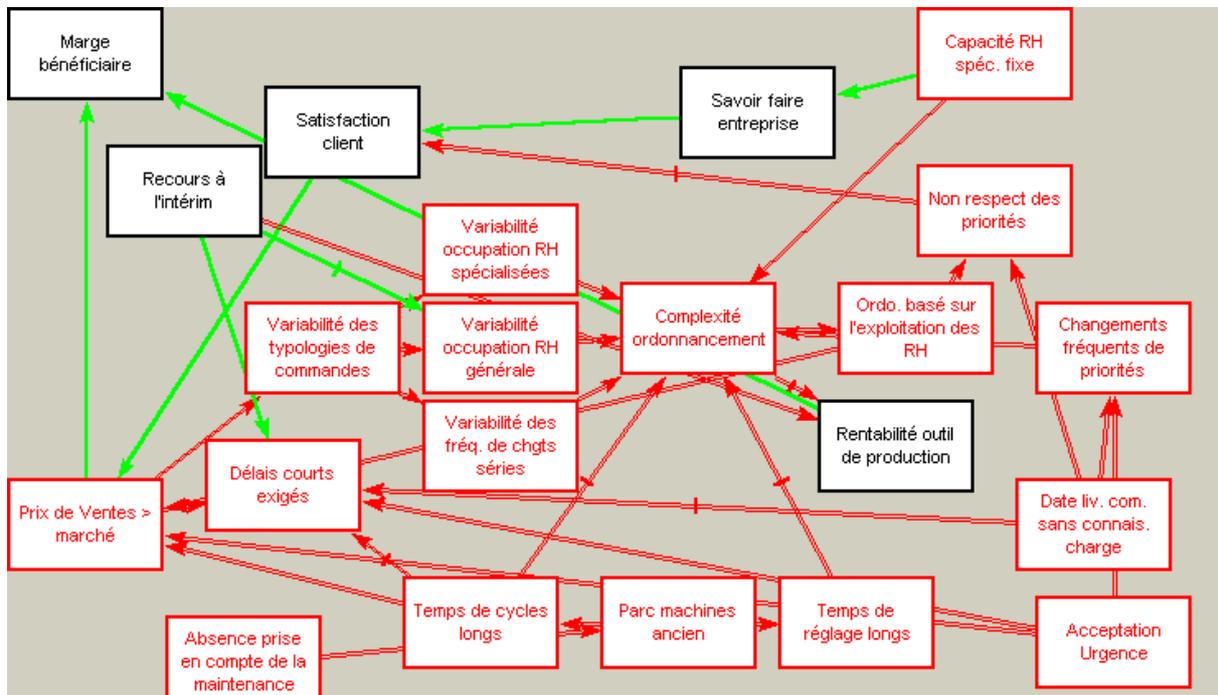


Figure 46 : Graphe de causalités des phénomènes intervenant dans l'apparition du dysfonctionnement

- Formulation de la contradiction technique

Étape menée par l'intervenant et un groupe de créativité de trois personnes extérieures à l'entreprise.

« Introduire des ordres de fabrication en urgence permet d'augmenter le chiffre d'affaires (volume de production) mais conduit à complexifier le pilotage de l'outil de production. »

Cette contradiction a été modélisée avec les paramètres suivants :

- Fonction utile : Chiffre d'Affaire, volume de production, paramètres :
 - 8 : Volume d'un objet immobile
 - 26 : Quantité de substance
 - 21 : Puissance
- Fonction néfaste : complexité de l'outil de pilotage
 - 37 : Complexité du pilotage
 - 33 : Facilité d'usage
 - 35 : Adaptabilité

- Définir des critères d'évaluation des solutions

Étape menée par le poseur de problème et l'intervenant.

- Solutions subsidiaires
 - Améliorer la flexibilité de l'ordonnancement.
- Limites des changements admissibles
 - Modifications possibles des processus :
 - d'approvisionnement,

- des méthodes,
 - de l'administration des ventes,
 - des services commerciaux.
- Critères d'évaluation des solutions
 - Les critères retenus sont :
 - la diminution du retard moyen de livraison au client,
 - nombre de commandes planifiées décalées par l'intégration des urgences,
 - le traitement des problèmes engendrés par ces manipulations nécessitait une heure de travail journalier au responsable de fabrication. La solution devait permettre de diminuer cette valeur.

➤ **Exploiter les ressources et solutions passées pour la recherche de solutions**

Étape menée par le poseur de problème et l'intervenant.

- Énoncer les pistes déjà exploitées
 - Origine temporelle du problème

Le phénomène a toujours existé mais s'est accentué avec le plan social qui a conduit l'entreprise à être moins sélective sur le type de commandes acceptées. Par ailleurs, le manque de maintenance et de renouvellement du parc a conduit à augmenter les coûts de revient, les délais de production et diminuent la rentabilité. Afin d'augmenter le cash flow les commerciaux acceptent de plus en plus de commandes inappropriées en termes de délais et complexité de fabrication ce qui accroît sans cesse les problèmes.

- Insuffisance des solutions habituelles
 - Ne pas accepter les urgences : c'est impossible car l'objectif est de maintenir le chiffre d'affaires en acceptant un maximum de commandes.
 - Disposer de surcapacités de production : la capacité dépend des machines et des hommes. En l'absence de polyvalence et de capacités humaines on ne dispose pas de surcapacité. Par ailleurs, pour accroître cette capacité il faudrait embaucher et former du personnel ce qui demanderait un temps de formation important. Le manque de prévision quant à l'évolution du marché interdit d'envisager cette possibilité.
 - La sous-traitance : elle serait effectuée par des concurrents il y aurait alors risque de perdre les marchés.
 - Réorganiser les délais des urgences : la niche de marché n'autorise pas à de telles manœuvres.
- Énumérer les ressources du système et de son environnement :
 - Ressources humaines :
 - Polyvalence du personnel. Elle existe théoriquement pour la réalisation de tâches autres que celles à réaliser sur le secteur habillage automatique. Le contraire n'est que partiellement vrai (limité aux opérations ne nécessitant pas de savoir-faire particulier ce qui n'est pas vrai sur toutes les commandes). Cependant, de façon générale la capacité de travail en ressources humaines est insuffisante dans les différents ateliers de l'entreprise. De ce fait, la polyvalence est rarement employée.
 - Recours à l'intérim pour les opérations ne nécessitant pas de savoir-faire particulier.
 - Ressources machines :
 - Globalement la capacité offerte par les machines est supérieure au carnet de commandes. Cependant, temporairement certaines machines sont saturées.
 - Les temps de cycles longs, et le fait qu'il y ait toujours des machines non employées, offrent la possibilité d'effectuer les réglages en temps masqués.

Mais les régleurs sont également des conducteurs de machines il n'y a donc pas de réelle possibilité de travail en temps masqué.

- Ressources temporelles :
 - L'ordonnancement des OF, pour la phase de lancement, est effectué le jeudi ou le vendredi pour la semaine suivante. Des urgences sont intercalées en cours de réalisation du programme.
- Ressources informationnelles :
 - Délais imposés par le client
 - Dossier de fabrication
 - Cadences machines
 - Informations orales sur l'approvisionnement en semi-finis et matières premières
 - Capacité en volume d'heures de main d'œuvre disponibles
 - Compétences spécifiques des membres de l'équipe
 - Disponibilités machines

4.4.3. Génération des voies de solutions

➤ Utilisation des outils de TRIZ Classique

- Matrice des contradictions

Les concepts de solutions suggérés, sont synthétisés dans le tableau 26.

Numéro du principe	Fréquence d'apparition	du principe
18	4	Vibration mécanique
32	4	Changer les propriétés optiques
3		Qualité locale
7	3	Insertion
10	3	Action anticipée
28		Remplacement d'un système mécanique
35	3	Transformation de l'état physique ou chimique d'un objet
4	2	Asymétrie
17		Déplacement dans une nouvelle dimension
26	2	Copie
34	2	Parties éjectables ou renouvelables
27		Objet jetable et non durable
1	1	Segmentation
2	1	Extraction
13		Inversion
15	1	Dynamisation
24	1	Intermédiaire
25		Self-service
29	1	Fluides
30	1	Membranes flexibles ou films minces
40		Matériaux composites

Tableau 26 : Résultats obtenus par le croisement des paramètres modélisant les fonctions utiles et néfastes de la contradiction

- Séance de créativité

Cette étape a été effectuée par un groupe de 5 personnes externes à l'entreprise. Ce groupe était composé de personnes habituées aux séances de créativité, connaissant TRIZ, mais non familiarisées aux problèmes liés aux organisations. Ce travail a nécessité deux réunions de quatre et trois heures.

- Une présentation détaillée des voies de solutions imaginées figure dans l'annexe 6.4.
- 23 voies de solutions ont été proposées lors de ces séances de créativité,

- 15 sont issues de concepts proposés par la matrice les autres proviennent de la « purge » effectuée en début de séance.

Exemples de solutions identifiées :

- Lancement :
 - Accroître la fréquence de définition de l'ordre de traitement des OF
 - Modifier le mode de transmission des OF, transmettre les informations concernant les nouvelles commandes à satisfaire dès que celles-ci sont connues : employer le réseau informatique. Disposer également par ce réseau des informations concernant l'approvisionnement externe et l'avance de la production amont des composants.
- Service commercial
 - Renégocier les délais, des commandes normales et / ou des urgences.
 - Visualisation de la charge Hommes et Machines à disposition des commerciaux lors de la fourniture d'une date aux clients.
 - Utiliser des représentations graphiques informatiques ou matérielles à destination des commerciaux et leur permettant d'avoir une vision de la charge des machines et du personnel pour négocier des délais en fonction de cette charge.
- Atelier de production
 - Réserver une part de la capacité de production aux urgences.
 - Matériellement : ressources dédiées (hommes et machines)
 - Virtuellement : par exemple on définit la capacité « normale » de production seulement au niveau de 80% de la capacité réelle pour positionner les commandes « normales » les 20% restants étant réservés aux commandes urgences (seuil à définir selon historiques).
 - Créer des indicateurs de mesure des temps de changements de séries, temps de travail et temps d'attente sur les secteurs.
 - Faire varier les temps d'ouverture des ateliers, accroître la flexibilité du temps de travail.
 - Diversifier les formations des individus.
 - Charger une personne d'assurer la préparation des fabrications avant lancement pour libérer les régleurs et responsable de service.

➤ Utilisation du logiciel Innovation Work Bench

Étape menée par l'intervenant seul. Le temps consacré à cette étape a été de 3 fois 3 heures.

L'analyse des « Directions for innovations » a conduit à la sélection de cinq d'entre elles (voir annexe 6.3). Les opérateurs associés à chacune des recommandations liées à ces directions, ont servi de base à la recherche des solutions.

De nombreuses solutions identifiées lors des premières séances de créativité ont, de nouveau, été suggérées. Seules sont présentées dans l'annexe 6.4, les solutions non envisagées jusque là.

- 8 nouvelles voies de solutions imaginées

4.4.4. Construction et sélection des solutions spécifiques au problème

➤ Consolidation des voies de solution

Étape menée par l'intervenant.

Les différentes voies de solutions considérées pour chaque service sont pour certaines redondantes,

du fait de cette segmentation par service, mais également de l'utilisation de résultats issus de plusieurs séances créatives. Un regroupement et un enrichissement des concepts ont été réalisés. Ce regroupement a conduit à la proposition de 22 solutions spécifiques (voir annexe 6.4)

➤ **Cotation des solutions**

- Les critères de sélection

Dans un premier temps le degré d'acceptabilité des 22 solutions proposées a été considéré au regard des contraintes définies lors de la phase d'analyse du problème. Cet examen a mené à l'élimination de quatre des solutions proposées.

Les limites très importantes qui avaient été posées sur le problème et le champ d'action possible pour le résoudre faisait que les solutions imaginées pouvaient difficilement entraîner des incompatibilités entre elles. En effet, les limites des changements admissibles induisaient que pratiquement ni :

- des modifications importantes du matériel physique employé (au sens investissement lourd)
- l'embauche de personnel ou la réalisation de formations lourdes
- ou d'investissement dans le système informatique

n'étaient envisageables.

Ces fortes restrictions induisaient que les solutions proposées ne pouvaient être que relativement mineures sur les ressources matérielles et informationnelles. De ce fait, la disparition des risques d'interactions néfastes entre les solutions rendait inutile l'exploitation de l'algorithme de sélection proposé en annexe 2.10.

L'ensemble des solutions satisfaisant aux contraintes a été directement soumis au poseur de problème qui en a retenu 13.

4.4.5. Résultats techniques obtenus

Il est impossible dans le cadre de cette expérimentation de mener une évaluation des résultats techniques découlant de l'application des solutions proposées car ces solutions n'ont pas été expérimentées finalement. En effet, à ce stade du développement du projet le changement de direction annoncé a effectivement eu lieu. Le groupe qui a repris la direction de l'entreprise est spécialisé dans la vente et l'exportation de spiritueux. L'objet du rachat était d'utiliser l'unité de production pour la réalisation de ce packaging spécifique ce qui modifiait, de fait, totalement la problématique. Les solutions proposées ne pouvaient plus être adaptées à ce contexte et un arrêt des développements et projets en cours a été décidé par la nouvelle direction.

Cet obstacle ne nous empêche pas cependant d'analyser cette expérimentation sous l'aspect des difficultés et succès rencontrés dans son déroulement. Quant à l'efficacité des solutions développées, seuls les jugements et avis émis par le poseur de problème peuvent être pris en compte.

4.4.6. Analyse des résultats

➤ **Bilan quantitatif et qualitatif des solutions**

Le projet a abouti à la proposition de :

- 41 concepts de solutions
- 18 solutions ont été proposées après consolidation de ces concepts et tri pour la prise en compte des critères définis par le cahier des charges.

Il est extrêmement difficile d'apprécier la qualité des solutions proposées dans la mesure où elles n'ont pu être mises en œuvre dans le contexte qui avait donné lieu à leur recherche. Par ailleurs, le contexte de déroulement du projet était naturellement très limitant pour les diverses raisons que l'on peut rappeler ici :

- impossibilité de proposer des solutions impliquant des investissements lourds,
- climat social empêchant la construction d'un échange entre les services et d'une volonté de recherche commune de solutions,
- une direction ne s'impliquant pas dans les décisions.

Malgré ces contraintes, et le fait que l'analyse du problème n'ait pas pu donner lieu à un réel échange des points de vue, des solutions réalistes ont été proposées.

Le caractère de ces solutions n'est pas fortement innovant. On retrouve dans les voies de solutions imaginées des concepts des outils et méthodes qui font partie de la « panoplie classique » employée par des experts des problèmes d'organisations. En revanche, l'intérêt dans le cas présent est de situer le réel apport de ces solutions dans le contexte global du problème. Nous rappellerons ici que l'objectif de notre méthode, pour le cas des organisations, est non pas, dans la phase de recherche de solution, de créer de nouveaux concepts de solutions mais de fournir une aide :

- à la sélection des concepts les mieux adaptés aux situations réelles,
- à favoriser la mise en œuvre de ces solutions grâce à leur appropriation par les acteurs.

Par ailleurs, l'examen des solutions émises montre que la méthode d'analyse du problème et de recherche de solutions employée permet de proposer des solutions qui se construisent sur l'ensemble du processus. Cette expérimentation permet donc de valider une partie des hypothèses posées. En revanche, ces concepts restent très conceptuels, peu de solutions « physiques » sont proposées. Nous pensons que ce constat s'explique notamment par le fait que le projet n'a pas été mené – dans les pratiques employées- tel que notre modèle l'impliquait. En d'autres termes nous n'avons pas bénéficié dans ce projet des séances de travail en groupe qui auraient permis de faire émerger des processus informels. De ce fait, nous doutons que notre représentation des phénomènes à l'origine des dysfonctionnements soit complète. De même nous n'avons pas pu bénéficier de la phase d'affinage de la définition du problème comme cela aurait été le cas avec une recherche de solutions en groupe. Enfin, le fait que les acteurs du processus qui ont pris part au projet au travers des interviews menées n'aient pas manifesté le souhait de mettre en œuvre les solutions envisagées, démontre que le projet, mené avec ces pratiques, entraîne un refus du changement.

➤ **Bilan méthodologique**

Efficacité de la phase d'analyse

La conduite de la phase d'analyse a requis un temps important de travail puisqu'elle représente une quinzaine de jours de travail effectif destiné à recueillir les informations et à les mettre en forme. Les types d'informations recueillies, mais surtout les modes de représentations employés pour les formaliser, ont cependant présenté des difficultés lors de la phase suivante de formulation des problèmes. Les flows charts des processus permettent de comprendre les fonctionnements déployés par chaque service. En revanche, ces représentations ne suffisent pas pour mettre en évidence les liens entre le processus fonctionnel étudié et les processus fonctionnels avec lesquels il est interconnecté. Si cette nature de relation n'est pas clairement formalisée la détection des problèmes liés à ces phénomènes demeurera dépendante des connaissances de l'expert qui mènera l'étude. Pour que la méthode puisse être reprise par des non experts de l'analyse des organisations il faut que les outils de représentation mettent formellement ces problèmes en évidence. Seule une représentation de type SADT montrant les composantes présentes à chaque étape permettrait de faire ce lien.

De même, les problèmes liés aux incohérences temporelles, rythmiques, entre les modes et les contraintes de fonctionnement des processus n'étaient pas mis clairement en évidence. Ils constituent pourtant une base récurrente des problèmes rencontrés dans les processus. A ce titre, et pour des raisons similaires à celles évoquées dans le paragraphe précédent, ils doivent être formellement représentés.

Enfin, la construction d'une vision globale du problème et la validation de cette construction ne

peuvent pas être obtenues que par la confrontation des points de vue des acteurs. La phase d'analyse ne peut pas être conclue autrement que par la réunion des acteurs interrogés autour des informations recueillies et mises en formes.

Efficacité de la phase de formulation du problème

Au cours de cette expérimentation nous avons simultanément employé l'outil classique de TRIZ qu'est la contradiction technique et le graphe de causalité.

Lorsque l'étude menée porte sur un produit il est souvent difficile de réduire le problème à une seule contradiction. L'analyse met en évidence le faisceau de causalités entre les phénomènes dont la coexistence provoque le dysfonctionnement. Dans un grand nombre de cas, pour résoudre totalement le dysfonctionnement, il faudrait résoudre l'ensemble des sous problèmes ou définir la contradiction à un niveau supérieur du système qui permette d'englober ce faisceau. Mais, ce dernier cas de figure aboutit à un changement complet de technologie, du concept porteur des fonctions principales. Il ne s'agit plus alors réellement d'améliorer un système existant mais de proposer un système totalement différent. Cette solution peut être reconnue comme intéressante et donner lieu à un projet R et D mais le plus souvent elle ne répond pas au besoin immédiat qui est d'améliorer l'existant avec les moyens et connaissances dont on dispose (ou dont on peut disposer rapidement). Aussi, il est choisi une forme de contradiction qui exprime l'un des sous problème ou une part de ce faisceau- mais restreinte- et c'est cette partie du problème qui est traitée. Le solutionnement n'est cependant pas aussi restrictif car dans les faits, les solutions sont construites et jugées avec la conscience dans le groupe de travail de tous les autres sous problèmes.

Dans le cas des problèmes organisationnels, l'élaboration de cette vision globale devient essentielle. Ses implications sur les mécanismes cognitifs du groupe lors de la construction et de la sélection des solutions sont essentielles. Par contre, l'expression du problème sous la forme d'une seule contradiction technique est irréaliste. Si l'on souhaite travailler avec les outils de TRIZ classique, il faudrait alors utiliser différents modèles chacun représentatif des sous problèmes. Mais avec les outils de TRIZ il n'est pas aisé de faire les liens entre ces différents modèles. La modélisation de type causale proposée par Ideation répond à ce problème. La traduction syntaxique du graphe permet ensuite de définir le niveau et l'angle d'attaque reconnus comme appropriés aux contraintes et objectifs du projet. L'expérimentation suivante devra être utilisée pour vérifier l'intérêt de poursuivre l'utilisation de la contradiction technique classique. Cependant, l'ordre des deux modélisations devrait être inversé afin que la contradiction technique énoncée puisse être émise après la construction de la vision globale.

L'étape d'énumération des ressources est une étape longue et fastidieuse. En fait, le travail d'analyse et les outils que nous nous proposons d'adjoindre à ceux expérimentés ici, permettent de connaître ces différentes ressources. Cette énumération devient alors inutile à ce stade de l'avancement du projet.

Efficacité de la phase de recherche de solution

Deux voies ont été testées dans cette expérimentation pour mener la recherche de solutions. Celle des séances de créativité en groupe et celles du responsable de projet seul devant son logiciel.

Dans les deux cas des solutions ont été proposées et une part importante de ces solutions était commune. L'ordre d'utilisation de ces deux moyens a fait que la solution avec le logiciel a été testée après que la séance de créativité en groupe ait eu lieu. En temps que responsable de projet, j'ai pris part aux deux réunions. De ce fait, il est toujours difficile de savoir si les idées qui ont surgi ensuite avec le logiciel proviennent uniquement de ses suggestions ou si elles proviennent des résultats de cette première séance. Cependant, les opérateurs universels et généraux proposés par le logiciel étant très proches des principes similaires proposés dans TRIZ les mêmes solutions pouvaient normalement être trouvées.

La séance de créativité avec les principes bruts de la matrice a cependant montré la difficulté d'« extraction conceptuelle » qu'imposent certains principes (comme vibration mécanique, matériaux composites). D'autres principes tels que « segmentation » « copie »...sont beaucoup plus facilement manipulables. La difficulté se posant même pour des personnes ayant déjà employé ces principes dans le cadre de projet technologique le transfert de cette étape directement en milieu industriel semble

difficile. Dans le logiciel, les opérateurs généraux et universels proposent uniquement des principes porteurs d'un sens quel que soit le domaine d'appartenance du système étudié. Ce sont d'ailleurs ces seuls opérateurs que nous avons utilisés lors de cette expérimentation. La difficulté du saut conceptuel évoqué pourrait donc être en partie levée en ayant recours au logiciel. Il reste cependant, dans ce cas, à évaluer les réelles pistes créatives.

Efficacité de la phase d'évaluation des solutions

L'expérimentation telle qu'elle a pu être mise en œuvre ne permet pas d'évaluer l'adéquation de l'algorithme qui a été proposé. Mais il apparaît clairement deux natures de critères interviennent dans le choix des solutions.

- des critères « rationnels et identifiables » qui conduisent à :
 - Éliminer des solutions qui ne répondent pas aux critères et contraintes définis dans le cahier des charges,
 - Éliminer les solutions aux effets antagonistes sur les différents sous-systèmes des organisations.
- des critères de choix des solutions qui demeurent non formalisés dans le projet,

Certaines solutions seront refusées, ou au contraire plébiscitées, par les acteurs, le responsable de service et /ou par la direction pour des motifs stratégiques personnels ou collectifs. Il ne peut donc y avoir qu'une perte progressive des propositions due aux acteurs, puis au responsable hiérarchique et enfin à la direction. Ce processus peut donner aux acteurs l'impression que les évolutions et donc les résultats du projet sont finalement limités.

La difficulté particulière qui se pose dans les projets aboutissant à des évolutions d'une organisation est qu'il est difficile de prototyper ces solutions. Cela est parfois tenté lors d'une implantation de progiciel ou lors d'une réorganisation d'atelier ou l'on va travailler par petits modules. Un îlot pilote, l'exploitation d'un module de gestion comptable, vont être employés pour tester la méthode, le produit... mais les domaines d'applications de ces expérimentations et leur valeur sont limités. Ces éléments - îlots ou module de gestion - appartiennent à des flux globaux et ne seront jamais représentatifs d'un fonctionnement global réel. Aussi toute décision de changement organisationnel repose fondamentalement plus sur une croyance que sur un résultat avéré, chiffré. Des outils de calculs, de simulation, permettent de fournir des éléments d'aide à la décision mais la décision finale demeure un « pari » de l'individu qui la prend. Ce que la méthode peut apporter à ce stade, ce sont également des éléments d'aide à la décision au travers des résultats issus de la partie d'analyse du problème.

4.4.7. Bilan

Cette expérimentation, engagée comme une expérimentation industrielle, s'est donc transformée au cours de son déroulement en expérimentation que nous qualifierons de « laboratoire ». A ce titre le seul jugement de qualité que nous estimons pouvoir porter sur les solutions proposées est le suivant :

- Malgré les fortes contraintes imposées il a été possible de proposer un nombre important de solutions impliquant des changements mineurs qui pouvaient permettre d'effectivement améliorer le système.
- La possibilité d'obtenir ces résultats dépendait cependant de trois facteurs primordiaux :
 - l'implication et la volonté des différents services de travailler ensemble,
 - le fait que les membres de l'entreprise puissent réellement admettre que leurs objectifs et intérêts globaux étaient les mêmes
 - de l'implication de la direction et de la cohérence stratégique des directions qu'elle fournit aux différents services.

Cette expérimentation, avec l'ensemble des difficultés et semi-échecs qu'elle porte, met en évidence différents points qui doivent impérativement être pris en compte dans des projets d'amélioration du fonctionnement des organisations.

- Nous apparentons cette méthode d'amélioration à une méthode de reconception. Une nouvelle fois, la différence est forte entre conception et reconception. Dans le second cas il existe un système structuré, dont la conception répond à une logique définie par les contraintes et objectifs qui ont défini le mode de fonctionnement recherché. Ce système est imparfait, pas ou plus adapté dans certaines de ses parties, sous-ensembles, composantes...en interne ou dans ses relations avec l'environnement extérieur. Cependant, l'ensemble est viable. Si tel n'est pas le cas ce n'est pas une amélioration d'un système existant qui doit être recherchée mais la conception d'un système totalement nouveau et différent.
- Cette expérimentation démontre que l'ensemble des modifications qui peuvent être proposées sur les ressources physiques ne restent que des outils. L'efficacité dépend de l'usage que les acteurs des processus pourront et voudront faire de ces outils. Au-delà de l'efficacité de la méthode pour conduire l'analyse du problème et identifier des solutions sa réussite dépend également de l'implication des acteurs et de la direction. Il paraît donc inutile de lancer un projet si ces conditions (indispensables également pour la mise en œuvre d'un apprentissage organisationnel) ne peuvent être réunies naturellement (contexte) ou/et grâce à la méthode.

Par rapport aux hypothèses que nous nous sommes fixées seule une partie d'entre elles peut être discutée ici. Rien dans les pratiques employées dans cette expérimentation ne permet de positionner son intérêt par rapport à l'apprentissage organisationnel. En revanche, les résultats en termes d'analyse montrent que la démarche est correcte sur le principe mais qu'elle doit être améliorée dans sa structuration, son organisation. Sans cela elle devra être conduite par un expert des problèmes organisationnels, ce que nous souhaitons éviter.

Les constats effectués au terme de cette analyse nous ont conduits à modifier et à préciser notre modèle de traitement des projets touchant aux organisations. L'expérimentation qui sera présentée dans le chapitre suivant prend en compte ces modifications.

4.5. Application du modèle à un cas processus – La Mancelle de Fonderie

4.5.1. Contexte et nature du problème traité

La Mancelle de Fonderie est une entreprise de plus d'une centaine de personnes, issue d'une tradition familiale ; elle a été fondée au début du XX^e siècle dans la Sarthe. Son rachat en 1983 par le groupe AFE - Holding de 2500 personnes réparties internationalement sur 24 sites ne l'a pas empêchée de conserver ses spécificités techniques. L'entreprise est réputée pour son savoir-faire dans le domaine du traitement thermique. Ses principales activités sont des produits destinés aux installations de traitements thermiques. Le problème traité appartenait à cette branche d'activité.

L'entreprise est certifiée Iso 9002. Un audit interne a mis en évidence des non-respects de conformité des procédures au regard de la norme ISO et les manifestations récurrentes de différents dysfonctionnements au sein du processus de contrôle des pièces de traitement thermiques.

Ainsi des pièces types avaient pu être expédiées à des clients alors qu'elles n'étaient pas requises, des lancements en fabrication effectués alors que les pièces types étaient défectueuses...

L'objectif de l'étude était donc de rechercher pourquoi et comment un processus fonctionnel normalement défini ne donnait pas satisfaction. Des problèmes de communication entre services étaient évoqués pour expliquer ces problèmes. L'objet du projet était donc, plus largement qu'au travers uniquement du processus étudié, de déterminer comment améliorer le dialogue entre ces services.

4.5.2. Formalisation et modélisation du problème

➤ Découverte du problème

- Énoncer le problème

Étape menée par le poseur de problème, l'intervenant responsable du projet et un second intervenant.

Le problème a été défini comme dû au non-respect de la procédure de validation des pièces types (ou prototypes) destinées aux installations de traitements thermiques (voir figure 47).

La majorité de ces pièces, ou plus souvent de ces assemblages, est conçue par le Bureau d'Études (4 personnes) de l'entreprise. Une petite partie cependant est conçue par le client. Tout ce qui concerne la conception et le suivi de la fabrication des outillages (sous-traitée) et la définition de la gamme de fabrication, dépend du Bureau des Méthodes (6 personnes). La fabrication des Pièces Types (PT dans la suite du texte) s'inclut dans le cycle normal de fabrication des pièces en séries, c'est-à-dire lorsque l'outillage est prêt et qu'une élaboration du métal de ce nouveau produit est planifiée. Toutes les opérations de fabrication suivent ainsi le flux normal des pièces en séries et cela jusqu'au contrôle.

Au terme de l'opération de contrôle des Pièces Types, il doit normalement y avoir réunion entre les représentants pour cette fabrication :

- du Bureau d'Études (BE dans la suite du texte),
- du Bureau des Méthodes (BM dans la suite du texte),
- du contrôle.

Cette rencontre est destinée à décider de la validation ou du refus des PT.

Dans la réalité, cette réunion est bien souvent réduite à un passage assez informel d'un représentant des méthodes dans l'atelier de contrôle destiné à vérifier les pièces en cours de contrôle.

A ce stade, l'objectif du projet a été défini comme l'amélioration de la fiabilité de la décision de validation des pièces types.

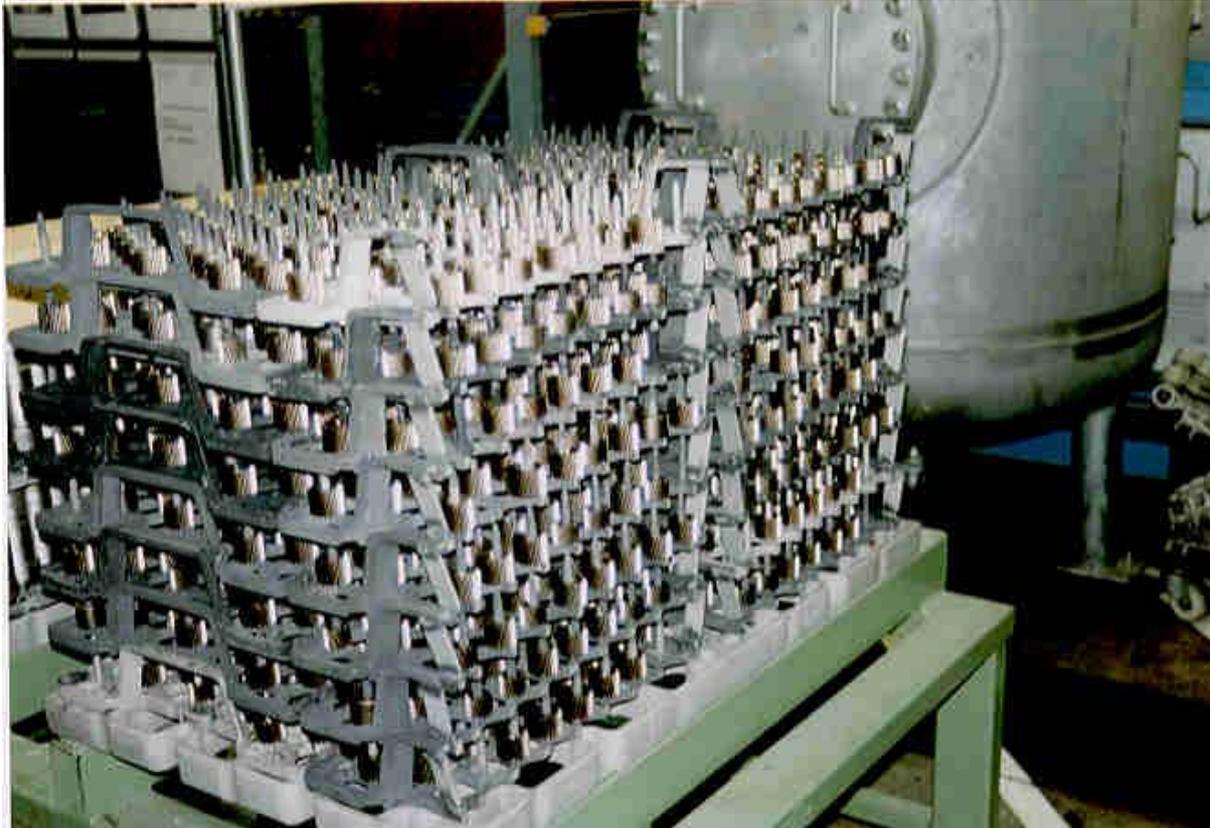


Figure 47 : Types de grilles de supports fabriqués pour le maintien des pièces durant le traitement

➤ **Recherche d'informations**

Étape menée par les deux intervenants (interviews conjointes et non en parallèles afin de limiter les jeux d'influence et maintenir un dialogue factuel)

Moyens déployés et informations obtenues

- Chacune des personnes rencontrées a été interrogée sur :
 - Les opérations effectuées au sein du processus,
 - Les règles explicites et implicites de conduite des opérations employées,
 - Les durées et fréquences de répétition des opérations effectuées,
 - Les natures et formes de ressources nécessaires à la réalisation de ces opérations,
 - Les disponibilités physiques et temporelles dont sont dotées ces ressources,
 - Les objectifs poursuivis lors de la réalisation de la mission,
 - Les problèmes rencontrés dans la réalisation de la mission,
 - Les solutions déployées pour y remédier, les raisons de leurs échecs éventuels,
 - Les problèmes rencontrés dans la réalisation de sa mission,
 - Les évolutions souhaitées par rapport au mode de fonctionnement actuel.

- Personnes interviewées:
 - Un représentant du Bureau d'Études (BE)
 - Un représentant du Bureau des Méthodes (BM)
 - Un représentant du Contrôle
 - Le responsable commercial
 - Le chargé de planification

- Ces entretiens ont permis (annexe 7) de :
 - prendre connaissance et de formaliser les différents processus fonctionnels mis en œuvre au travers du processus transversal de réalisation des pièces types,
 - de constituer un tableau de synthèse des différentes étapes de ce processus transversal, des acteurs qui y interviennent, des opérations qu'ils y mènent et des difficultés qu'ils rencontrent ou posent,
 - de constituer un tableau de synthèse des composants du processus et de leur positionnement relatif,
 - d'établir un bilan synthèse des implications du fonctionnement de ces processus sur l'organisation globale de l'entreprise,
 - Les informations réunies jusqu'à ce stade ont été employées par les deux intervenants pour effectuer une analyse fonctionnelle externe du processus de contrôle et de validation des pièces types,

➤ Analyse du problème

- Définir la structure et le fonctionnement formels du système

Étape menée par les intervenants et le poseur de problème

- Validation de la documentation de synthèse.
 - Système global identifié : Processus d'obtention des Pièces Types.
 - Sous-système lieu du dysfonctionnement et objet de l'étude : « **Le processus de validation des pièces types** ».
 - Fonction utile primaire à améliorer :
 - « **Fiabilité de la décision de validation des pièces types** »
- Définition des mécanismes à l'origine de l'effet néfaste identifiés à ce stade :
 - Absence de l'ensemble des acteurs à la réunion de validation
 - Non formalisation de contraintes du cahier des charges dans le dossier technique remis au contrôleur
 - Tous les critères de contrôle ne sont pas quantifiés, qu'ils s'agissent de critères propres au client ou au processus de fonderie
 - Non connaissance de certains besoins clients de la part du BE
 - Moyens ou conditions de contrôles employés non toujours adaptés aux critères
 - Changements souhaitables :
 - Assurer des lancements en fabrication de gammes et outillages permettant d'obtenir des pièces conformes au cahier des charges BE.
 - Augmenter le taux de pièces types bonnes à la première fabrication,
 - Réduire les délais de mise à disposition des produits livrés,
 - Réduire les coûts de fabrication liés aux pièces types.
 - Moyens employés auparavant pour résoudre ces problèmes :
 - Rédaction de procédures qualité,
 - Audits internes, ces audits révèlent des non-respects des procédures mais l'ensemble du processus pièces types n'est pas codifié sous forme de procédures. Les procédures sont non respectées pour aller plus vite dans les lancements en production, parce que ce « n'est pas simple... »...

- Mise en place de réunion chaque jour : BE/BM/Contrôle. Elle avait été instaurée par l'ancien responsable qualité qui n'occupe plus ce poste, les réunions ont pris fin.
- Ampleur des changements admissibles :
 - Les procédures rédigées peuvent être modifiées, de nouvelles peuvent être créées.
 - L'ensemble des processus fonctionnels afférents aux pièces types peut être modifié.
 - Des investissements en matériels peuvent être envisagés.
- Critères d'évaluation :

Impacts présumés sur les indicateurs

- % de Pièces Types réussies à la première campagne d'essais,
- délais de réalisation des Pièces Types,
- coûts de fabrication des Pièces Types.
- Définition du groupe de travail :
 - Des représentants BE, BM, Contrôle, le poseur de problème et les intervenants pour la fin de la phase d'analyse et celle de modélisation et recherche de solutions.
 - Le même groupe et le responsable commercial pour l'évaluation des solutions (le poseur de problème étant le responsable BM).
- Définir la structure et le fonctionnement réels du système
 - Étape menée avec le groupe de travail
 - Prise de connaissances des données réunies précédemment.
 - Discussions et échanges permettant d'amorcer la construction d'une vision commune du problème intégrant les aspects informels non identifiés jusque là.
- Modélisation du problème
 - Construction du graphe de causalité (figure 48), étape menée avec le groupe de travail (dans ce graphe les lettres FS désignent la Fiche Suiveuse, dossier de fabrication et document de relevé des conditions de réalisation associé à chaque lancement de fabrication).

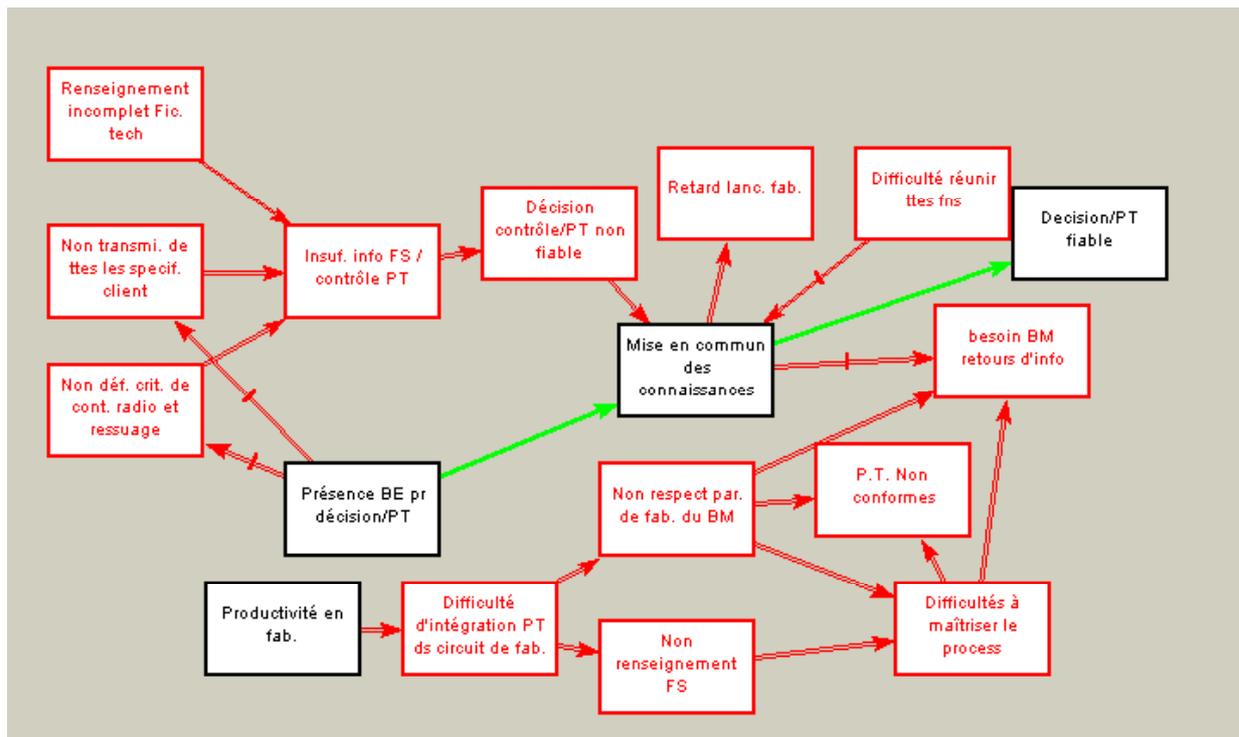


Figure 48 : Graphe de causalité construit avec le groupe de travail

- Contradiction technique

Étape menée par les intervenants seuls

« La mise en commun des connaissances obtenue par la réunion tripartite permet d’augmenter la fiabilité de la décision mais retarde le lancement en fabrication des produits »

Cette contradiction a été modélisée avec les paramètres suivants :

- Fonction utile : fiabilité de la décision, paramètres :
 - 27 : Fiabilité
 - 28 : Précision de mesurage
 - 24: Perte d’information
- Fonction néfaste : Réactivité en fabrication
 - 39 : Productivité
 - 36 : Compléxité de l’objet
 - 25 : Perte de temps
 - 9 : Vitesse

4.5.3. Génération des voies de solutions

➤ Utilisation des outils de TRIZ Classique

- Matrice des contradictions

Les concepts de solutions suggérés et les fréquences de ces suggestions sont synthétisés dans le tableau 27.

Numéro du principe	Fréquence d'apparition	Intitulé du principe
32	5	
28	5	Remplacement d'un système mécanique
	3	Intermédiaire
10	2	Action anticipée
	2	Inversion
26	2	
34	2	Parties éjectables ou renouvelables
	2	Transformation de l'état physique ou chimique d'un objet
1	1	Segmentation
4	1	Asymétrie
	1	Filet de sécurité
15	1	
21	1	Action à grande vitesse
23		Rétroaction
29	1	Fluides
30	1	Membranes flexibles ou films minces
33	1	Homogénéisation

Tableau 27 : Résultats obtenus par le croisement des paramètres modélisant les fonctions utiles et néfastes de la contradiction

- Séance de créativité

Cette étape a été effectuée par un groupe de 5 personnes externes à l'entreprise (dont les deux intervenants). Ce groupe était composé de personnes habituées aux séances de créativité, connaissant TRIZ, mais non familiarisées aux problèmes liés aux organisations. Ce travail a nécessité une réunion de trois heures.

- Une présentation détaillée des voies de solutions imaginées figure dans l'annexe 7.4.
- 18 voies de solutions ont été proposées lors de ces séances de créativité,
- 11 sont issues de concepts proposés par la matrice, les autres proviennent de la « purge » (phase de la séance de créativité durant laquelle chacun exprime les solutions que lui inspire le problème. Ces solutions étant issues de sa vision personnelle du sujet et de ses connaissances : savoir et expérience).

➤ **Utilisation du logiciel Innovation Work Bench**

Étape menée par l'intervenant responsable du projet seul. Le temps consacré à cette étape a été de 4 fois 4 heures.

L'analyse des « Directions for innovations » a conduit à la sélection de 16 d'entre elles (voir annexe 7.4). Les opérateurs associés à chacune des recommandations liées à ces directions, ont servi de base à la recherche des solutions.

Les solutions exprimées lors des premières séances de créativité ont été, de nouveau, suggérées. Cependant de nouvelles idées se sont ajoutées à celles-ci. Seules ces nouvelles idées sont indiquées comme liées à l'utilisation de IWB dans l'annexe 7.4.

- 24 nouvelles voies de solutions ont été proposées.

4.5.4. Construction et sélection des solutions spécifiques au problème

➤ **Consolidation des voies de solution**

Étape menée par l'intervenant.

La synthèse de concepts proposés est présentée dans l'annexe 7.4. Ces concepts constituent déjà une forme de regroupement car, ainsi que nous l'avons indiqué, des idées similaires ont surgi dans les différentes séances. Telles qu'elles sont présentées dans cette annexe ces idées proches ont été associées et complétées lorsque cela était possible et nécessaire.

➤ **Cotation des solutions**

Étape menée avec le groupe de travail auquel a été associé le responsable commercial.

Les solutions ont été présentées individuellement, discutées, enrichies, acceptées ou refusées. A ce stade l'ensemble des concepts retenus était accepté par le groupe de travail et donc par les acteurs et gestionnaires des processus soumis à modification.

Étape menée par l'intervenant.

Certaines des solutions étaient incompatibles entre elles parce que redondantes ou incompatibles. Deux catégories de solutions étaient également différenciées selon qu'elles pourraient être appliquées à court ou à moyen terme.

L'algorithme présenté en annexe 2.10 a été appliqué afin d'effectuer une sélection au sein de ces solutions.

Étape menée par l'intervenant et le poseur de problème

Les solutions retenues ont été présentées au poseur de problème sous la forme de représentations de type flow chart et de fiches idées. Une nouvelle discussion et nouvelle sélection ont été effectuées. Des indicateurs de performances ont été établis pour mesurer les conséquences d'une éventuelle mise en œuvre des actions retenues.

Étape menée par l'intervenant, le poseur de problème, la direction

Les 25 propositions d'actions finalement retenues (annexe 7.5 : tableau de présentation des solutions proposées à la direction) ont été soumises à la direction au cours d'une réunion de présentation de l'ensemble du projet. Cette présentation a abouti à la sélection de 16 solutions destinées à modifier le processus transversal et/ou des caractéristiques des ressources employées du processus transversal de réalisation des pièces types (solutions en rouge dans le tableau de l'annexe 7.5) .

4.5.5. Résultats techniques obtenus

Les solutions retenues et déployées sont succinctement rappelées dans la figure 49. Parmi ces solutions certaines ont pu être mises en œuvre rapidement dans l'entreprise d'autres requièrent des temps d'étude et l'acquisition de moyens matériels qui demandent plus de temps. Les actions déjà entreprises concernent :

- la redéfinition des rubriques de la fiche suiveuse,
- la mise en place des supports informatiques et les formations pour permettre les échanges de fichiers entre le Bureau d'Études et le Contrôle,
- la mise en place de groupes de projets pour travailler sur les groupes de familles de produits et de défauts.
- les réunions journalières BE/BM/Contrôle,
- la mise en place d'un tableau de suivi des PT au contrôle avant l'informatisation de cette fonction
- la rédaction d'une procédure sur le processus de contrôle

- une campagne de sensibilisation des responsables de secteurs de fabrication sur le traitement des pièces types et le renseignement de la fiche suiveuse.
- La création de zones spécifiques pour les pièces types dans les différents secteurs de fabrication.

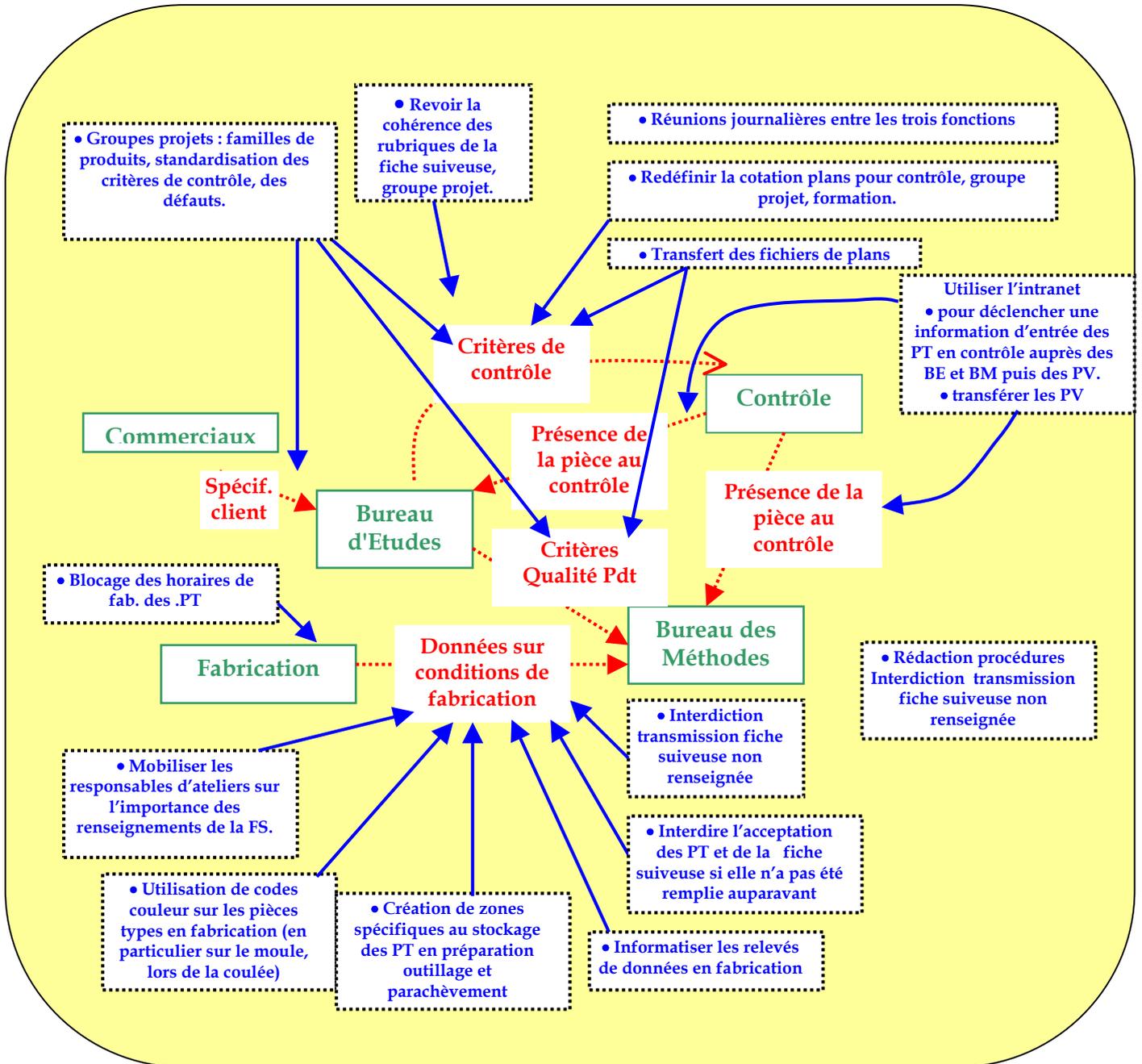


Figure 49 : représentation synthétique des solutions proposées et acceptées par les acteurs des processus, leurs hiérarchies directes et la direction.

Légende : Les textes en rouge présentent les natures des éléments, composantes qui étaient l'objet d'une défaillance entre deux fonctions/opérations, les textes des blocs en pointillés sont les solutions proposées pour contreenir à ces défaillances.

4.5.6. Analyse des résultats

➤ Bilan quantitatif et qualitatif des solutions

Le projet a démarré dans l'entreprise en février 2001. L'analyse de l'évolution des indicateurs révèle une amélioration sur deux indicateurs entre février et juin :

- du taux de pièces types réussies à la première fabrication,
- du renseignement des dossiers de fabrication (fiches suiveuses) en fabrication,

Le taux de pièces types réussies à la première fabrication (figure 50) est demeuré supérieur à l'objectif fixé par la direction de 72% (en fonction de la valeur moyenne de l'année précédente de 67%) et cela malgré une très forte augmentation du nombre de nouvelles fabrications lancées chaque mois (22 en moyenne pour l'année 2 000, 37 en juin 2001).

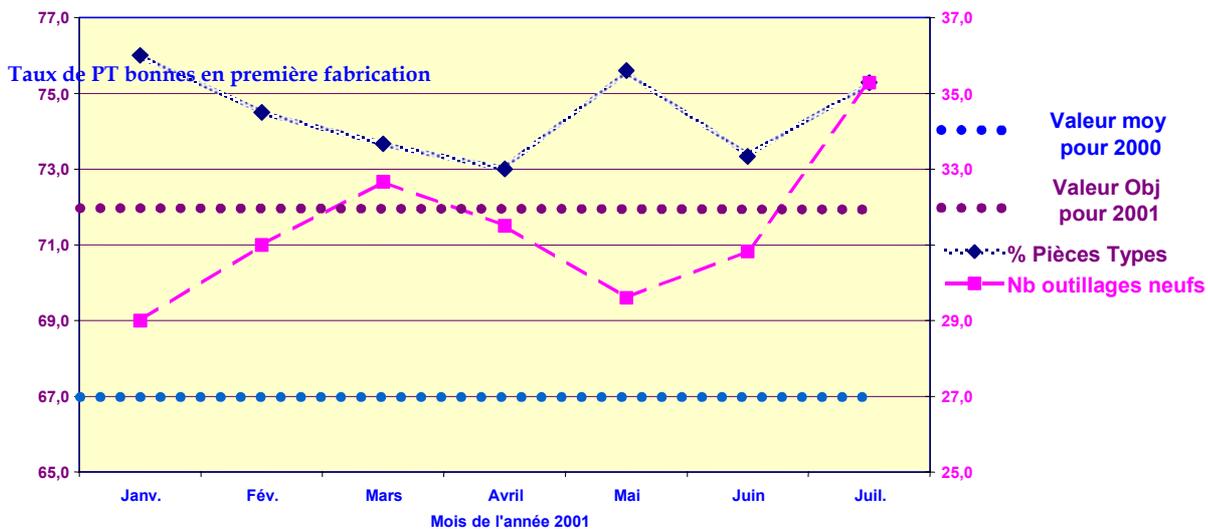


Figure 50 : Évolution cumulée du taux de Pièces Types bonnes à la première fabrication

En revanche, le renseignement correct des dossiers de fabrication ne s'est pas amélioré (figure 52). Il s'est au contraire dégradé en passant sous la valeur moyenne de l'année 2000 à chaque forte augmentation du nombre de dossiers traités c'est-à-dire en mars et en juillet. Cependant, lors de cette période, les campagnes de sensibilisation du personnel aux pièces types n'avaient pas encore été menées et le nouveau document pour la fiche suiveuse était en cours de création. La seule action engagée pour favoriser le traitement des pièces types en cours de fabrication était la prise en compte des impacts de baisse de productivité de leur fabrication dans les indicateurs de chaque secteur. Comme, par ailleurs, le nombre de pièces types à traiter a considérablement augmenté, l'évolution de cet indicateur est logique.

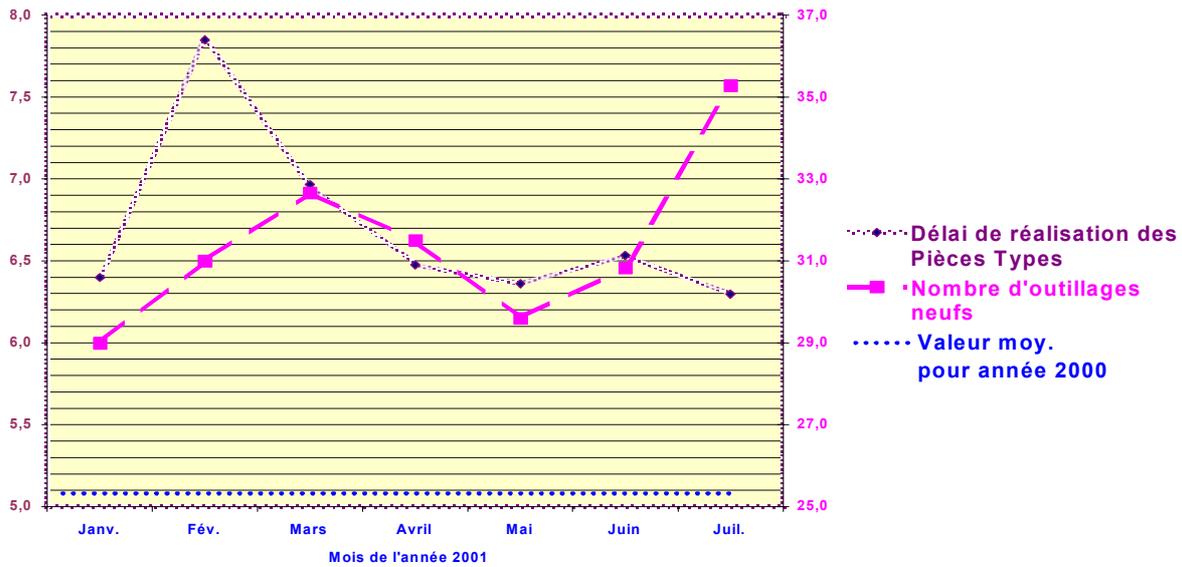


Figure 51 : Évolution cumulée des délais de réalisation des Pièces Types

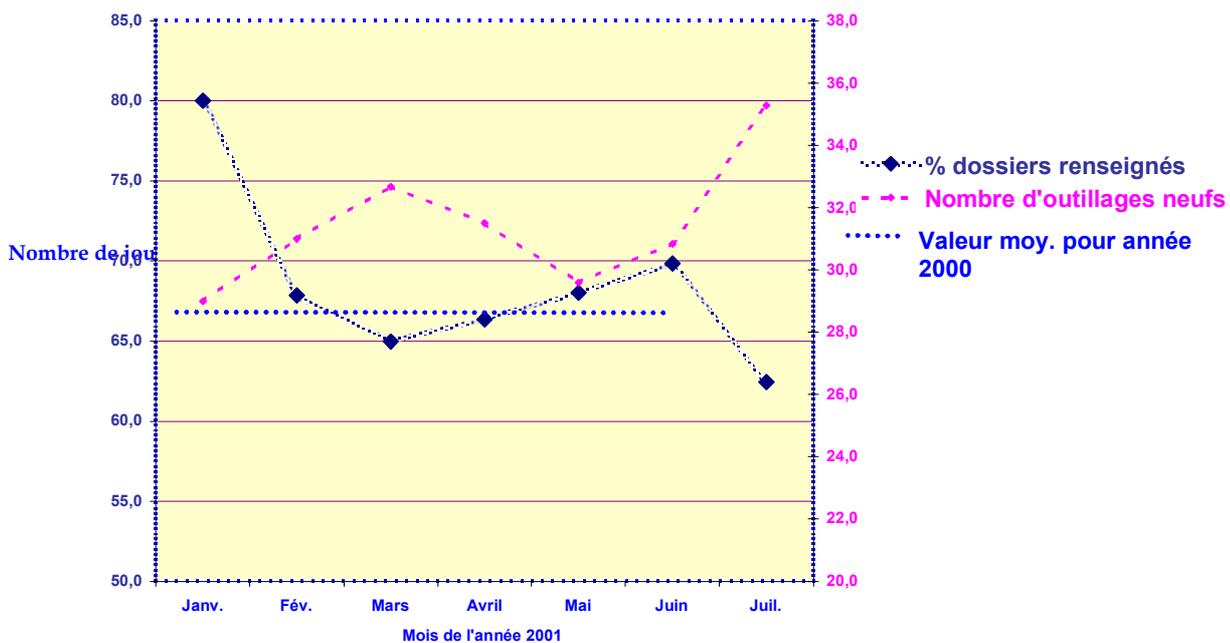


Figure 52 : Évolution cumulée (en %) du pourcentage de dossiers de fabrication des Pièces types correctement renseignés

L'évolution du calcul de cet indicateur de productivité explique la réduction importante du délai de réalisation des pièces types entre janvier et juin (figure 51). Cette durée est revenue à 6,3 jours en juin, pour 35 nouvelles fabrications par mois, contre 5,2 jours en moyenne durant l'année 2000 mais pour 22 nouvelles fabrications mensuelles. L'influence du travail du groupe apparaît au travers d'une réduction régulière et progressive de ce délai de fabrication.

Parmi les 16 solutions à développer, 6 d'entre elles sont des solutions qui peuvent être appliquées à court terme, les autres demandant des temps plus longs d'application. Ces actions induisent :

- des modifications du système d'information du processus de contrôle des pièces types mais également des autres processus fonctionnels en amont de celui-ci,

- l'acquisition de ressources matérielles,
- le déploiement de formations nécessaires à l'acquisition de compétences,
- la formalisation des modes de fonctionnement sous la forme de procédures.

Les résultats obtenus dans cette étude ne peuvent pas être comparés les résultats de l'étude produit qui avait conduit à proposer un produit totalement nouveau. Dans ce cas processus les évolutions proposées s'inscrivent dans ce qui constituait notre objectif : demeurer dans un concept global de fonctionnement inchangé dans ces concepts majeurs mais amélioré dans sa mise en œuvre. Aucune de ces solutions n'a en soit un caractère particulièrement innovant, c'est ici l'approche globale du dysfonctionnement et de son traitement qui nous intéresse.

Pratiquement toutes les composantes de l'organisation sont donc touchées par ces modifications.

Rappelons que ces composantes sont :

- sa structure,
- ses systèmes de gestion,
- ses ressources humaines,
- ses ressources physiques.

En fait, seule la structure n'est pas modifiée. Cette différence n'est pas liée à une absence de proposition dans ce domaine mais au refus de la direction concernant celles soumises à propositions.

L'existence de cette « multidisciplinarité » des actions proposées est en cohérence avec l'approche que nous préconisons. Nous définissons les problèmes organisationnels comme dus à l'incompatibilité des caractéristiques de ces différentes composantes pour interagir de façon cohérente et optimale. Dans cette perspective on ne peut envisager d'état amélioré du processus sans des actions simultanées sur toutes ses composantes. En ce sens, il est donc pénalisant pour la solution globale adoptée que l'ensemble des propositions portant sur la structure ait été rejeté.

Cette restriction est importante car l'amélioration mesurée dans le fonctionnement du processus bénéficie également de la motivation et de l'intérêt suscités auprès des acteurs par le projet. Cet intérêt s'est manifesté par leur implication dans le déroulement des réunions. Il est également apparu par la mise en œuvre directe d'un certain nombre d'actions avant que le projet ait été terminé et une sélection définitivement établie (relance des réunions, échanges d'informations et de documents, réunions avec les responsables de secteurs fabrications, lancement du projet sur la révision de la fiche suiveuse).

Nous avons donc pu constater une évolution du comportement du groupe allant dans le sens d'une meilleure compréhension des besoins et des rôles de chacun. L'exploitation de l'analyse fonctionnelle a notamment permis d'établir un débat sur les rôles et missions de chaque fonction au sein du processus de contrôle et de repositionner ainsi les réels besoins de chaque fonction.

➤ **Bilan méthodologique**

Efficacité de la phase d'analyse

Les méthodes, outils et pratiques pour la recherche des informations tels qu'ils ont été mis en œuvre dans cette expérimentation ont permis d'atteindre les buts que nous nous étions fixés. Les informations recueillies et les outils de formalisation des données employés permettent en particulier de mettre en exergue les ruptures de rythmes dans les flux, les décalages entre les caractéristiques des composants transmis à l'issue d'une opération et celles attendues pour l'opération suivante. Cette compréhension se construit par l'association des représentations des processus (flow chart) et des tableaux de synthèse des ressources. En disposant d'éléments factuels pour expliquer les défaillances du processus étudié il est possible d'instaurer les bases d'un dialogue entre les représentants des

différentes fonctions.

C'est à ce stade que les processus informels, officieux mais également les raisons plus profondes d'un mode de fonctionnement émergent. Généralement non évoqués lors des premiers entretiens une partie d'entre eux émerge alors pour expliquer ces décalages. Cette explicitation se heurte cependant à certaines limites. Il arrive systématiquement un moment où la démarche explicative s'interrompt car elle arrive à la mise en évidence d'un problème de compétence individuelle ou de relation de pouvoir. Le groupe, ou un élément du groupe, adopte alors une position d'attente et/ou de recul. Nous avons alors reconduit l'analyse sur d'autres aspects. L'équilibre créé dans le groupe ne pouvant pas selon nous résister à une mise à plat de ces problèmes. En revanche, la détection de ces problèmes de compétences nous a conduits à proposer des formations (destinées à approfondir les connaissances spécifiques à la fonction ou à étendre ces compétences) ou des projets d'interrogations sur les profils de postes (en adéquation avec les évolutions aux quelles devraient conduire les formations à proposer aux personnes en postes).

Efficacité de la phase de formulation du problème

La construction du graphe de causalité avec le groupe participe de la phase d'analyse. Son utilisation apparaît comme un moyen efficace pour permettre à tous les membres de s'exprimer et pour mettre en évidence les incohérences de certains phénomènes avancés.

La phase suivante d'exploitation du graphe est menée par l'intervenant seul. Par le choix des Basics Directions for Innovation qu'il sélectionne, l'intervenant redéfinit en réalité les problèmes qui seront traités. Le nombre important de solutions issues de l'utilisation du logiciel est lié à cet aspect. En retenant différentes Directions for Innovation nous n'avons pas concentré notre action comme c'est le cas avec la Contradiction Technique. L'étendue des champs d'actions concernés le démontre. Cependant la formulation de ces propositions permet de ne pas considérer ces champs d'actions comme des éléments disjoints mais bien comme des composantes interagissant. On est donc ici dans une recherche de la compréhension des mécanismes en cause qui s'apparente à l'approche systémique. En parallèle nous avons pu vérifier que les outils de représentation de l'existant présentés et expliqués au groupe lui permettent effectivement de se construire cette représentation.

L'expression des visions de chacun pour permettre la construction du graphe a mis en évidence des solutions simples à des sous-problèmes. Certaines de ces solutions ont été naturellement engagées par les membres du groupe. Ces sous-problèmes étaient, de toute évidence, liés à l'incompréhension des besoins des autres fonctions (réunions, transmissions d'informations).

Efficacité de la phase de recherche de solution

Les deux supports de recherche de solutions (matrice et logiciel) ont été employés sans les membres de l'entreprise. Les solutions obtenues sur la base des suggestions du logiciel sont plus nombreuses. Rappelons qu'aux 24 solutions indiquées en annexe 7.5 il faut ajouter les concepts obtenus avec la matrice qui sont également réapparus dans ces séances.

Dans la pratique, le même nombre d'heures a été consacré pour ces deux outils. Cependant les séances de créativité avec la matrice ont été menées en groupe alors que le travail avec le logiciel a été celui d'une personne seule. Cette dernière configuration ne favorise pas la créativité. Le nombre supérieur de solutions s'explique uniquement par la couverture plus large du problème qui est faite en travaillant sur l'analyse du graphe. Cette différence se traduit par des propositions de solutions qui concernent par exemple le secteur fabrication, les qualifications, les natures d'indicateurs. Autant d'aspects que l'approche plus locale menée avec la seule contradiction technique ne permet pas d'aborder.

Les solutions proposées sur la base de la seule contradiction technique ne doivent cependant pas être jugées comme quelconques. En effet, l'un des points positifs que l'on se doit de souligner, est la diversité complémentaire des formes de solutions proposées. Alors que dans un projet classique d'amélioration le plus souvent un ou deux axes d'améliorations sont dégagés, ici de multiples voies sont envisagées. Les aspects matériels du support des flux d'informations (échanges de fichiers, codes barres, intranet...) sont envisagés mais également les logiques d'exploitation des données (création de familles de produits) ou le positionnement des individus (déplacement des bureaux) ou encore des

fonctions (création de nouveaux postes)... La combinaison de la phase précédente d'analyse et des suggestions issues de la matrice permettent donc bien une ouverture créative plus large que ce qui est habituellement obtenu. Simplement, la différence des analyses permises entre le graphe de causalité et la contradiction seule induit un potentiel supérieur avec le graphe.

Efficacité de la phase d'évaluation des solutions

Le sujet de l'évaluation des solutions se pose de façon totalement différente des cas produits. Certes, il existe toujours le point commun du coût et de la rentabilité des investissements. Cependant, il faut d'une part que les solutions « survivent » jusqu'à cette étape d'évaluation et d'autre part qu'elles soient effectivement employées ensuite. Cela signifie que l'évaluation de ces solutions est bien souvent pour une part importante liée à l'aspect subjectif de la décision humaine.

Dans la pratique développée dans cette phase les trois groupes de l'organisation que sont les acteurs des processus, leurs gestionnaires et la direction ont successivement à évaluer ces solutions. Le groupe initial est donc soumis progressivement à un effet d'entonnoir qui restreint la diversité et l'ampleur des actions possibles. Mais cette sélection progressive, associée aux résultats obtenus par l'exploitation de l'algorithme d'évaluation des solutions, permet au final d'aboutir à un ensemble de solutions :

- réellement acceptées par tous,
- cohérentes entre elles,
- réellement efficaces pour lutter contre le dysfonctionnement objet de l'étude.

4.5.7. Bilan

Les résultats obtenus au terme de la phase de la phase d'analyse démontrent que l'association d'un outil tel que l'analyse fonctionnelle offre un support structurant pour définir la nature des informations à rechercher sur le problème et le système auquel il appartient. Il permet également d'établir le lien entre les objectifs stratégiques de la direction (retransmis ici par le gestionnaire), exprimés au travers des fonctions de services, et les processus ou moyens déployés pour y parvenir. En ce sens l'analyse fonctionnelle répond à la fonctionnalité que nous en attendions dans notre modèle : permettre le passage entre un problème expliqué en terme de fonction insatisfaite et les phénomènes à l'origine de cette insatisfaction.

Cependant, deux autres éléments sont également indispensables pour parvenir à ce résultat :

- *Les natures d'informations recueillies lors des entretiens (questionnaires) et les formes employées pour les formaliser (tableaux de synthèse, flow chart). Ces deux aspects permettent de présenter concrètement les incompatibilités de caractéristiques des composants utilisés dans les opérations.*
- *La construction du graphe de causalité qui, en complément des discussions engagées dans le commentaire des documents précédents, entraîne l'émergence de processus et phénomènes informels ou habituellement non évoqués. La limite à ce résultat est celle que nous avons évoquée précédemment de mise en avant de manque de compétence ou de jeu de pouvoir.*
- *On peut souligner l'intérêt de TRIZ en tant qu'outil de créativité dans ce domaine d'application mais également comme élément de motivation dans le groupe. Nous avons choisi de mener les séances initiales de créativité en dehors de l'entreprise parce qu'il nous apparaissait difficile d'impliquer directement les membres du groupe, sans préparation, sur cet outil. En fait, les premiers concepts proposés ont entraîné l'intérêt du groupe également pour cette phase. L'engagement de l'étude n'a pas permis alors de modifier cette pratique mais cet intérêt a laissé entrevoir la possibilité de tenter ces séances directement avec le groupe.*

Ce sujet rejoint l'autre aspect de notre travail, celui de l'implication des hommes, des possibilités de développer l'envie de comprendre le fonctionnement du système dans lequel ils interviennent. Comme nous l'avons évoqué précédemment les membres du groupe ont montré une attitude de plus en plus participative, évaluant les solutions envisagées, recherchant des solutions aux problèmes qu'elles soulevaient. Les membres du groupe ont également fait preuve d'implication en mettant en œuvre naturellement certaines des solutions imaginées. Nous estimons que l'évolution de ce comportement est l'indicateur d'une implication dans l'entreprise à rapprocher d'un processus d'apprentissage organisationnel. En revanche, les choix « brutaux » de la direction imposent une interrogation. Sa volonté de refuser toute modification de son management (nature des indicateurs de productivité, forme de l'organisation de l'organigramme...) est difficilement compatible avec la culture développée dans des projet tels que celui de cette expérimentation. Dans ce contexte il est impossible d'évaluer si « l'élan » créé dans le groupe peut être durable ou reproductible. En effet, comment réagit le groupe s'il perçoit qu'il existe tout un domaine d'actions sur lequel il lui est interdit de réfléchir ? D'autre part, peut-on réellement améliorer un processus si certaines de ses composantes majeures doivent rester figées ?

Chapitre 5 - **Conclusions Perspectives**

5.1. Résumé

5.1.1. Synthèse de la méthode

Nous proposons dans la figure 53 un modèle de la méthode d'amélioration telle que nous la spécifions à ce stade, pour la résolution des problèmes organisationnels. Nous rappellerons brièvement ci-après les concepts poursuivis dans l'exploitation des pratiques et outils proposés.

La méthode générique que nous proposons s'appuie sur une première phase destinée à permettre le passage d'un problème vaguement identifié à une situation expliquée. C'est-à-dire circonstanciée quant aux phénomènes fondamentaux en causes et à leurs interactions avec le fonctionnement plus global du système étudié. Par ailleurs la redéfinition du besoin fonctionnel à satisfaire permet de mesurer le décalage entre l'état du système et celui désiré.

Cette approche du dysfonctionnement est obtenue par l'utilisation de représentations graphiques du système. Ces représentations forment les supports à un échange de points de vue entre les différents groupes sociaux impliqués dans l'obtention ou le fonctionnement de ce système.

La confrontation et l'enrichissement progressif de ces points de vue permettent l'élaboration d'une vision commune de la situation à traiter. Rien ne garantit qu'elle est la « réalité » mais elle est, en tous les cas, celle que le groupe s'est donnée.

Cette vision commune et enrichie permet alors au groupe de reformuler un problème parfaitement défini mais également reconnu de tous. La phase d'analyse fournit également les moyens de définir les caractéristiques permettant de définir la valeur des voies de solutions issues du projet. Le dysfonctionnement et ses origines sont modélisés par un graphe de causalité dans le cas d'une étude portant sur un système organisationnel. Si le système est technologique, le même outil peut être employé mais la contradiction technique seule peut également suffire. En effet, la nature complexe des systèmes organisationnels ne peut pas permettre l'émergence de solutions réellement riches pour le système si un seul des sous-problèmes en cause est traité. Pour cette raison, c'est un faisceau de sous-problème et d'angles possibles d'amélioration du système qui est envisagé.

Lors de la recherche de solutions, des différences existent également dans le traitement des deux natures de systèmes. L'exploitation des principes de la matrice des contradictions est effectuée directement avec le groupe de travail pour un problème technologique. Lorsque le projet porte sur un processus, ces principes exprimés sous formes d'opérateurs sont auparavant exploités par le responsable de projet. C'est ensuite sur les voies de solutions qu'il propose au groupe de poursuivre la recherche de solutions et d'effectuer une première consolidation des solutions.

La différence de nature entre les systèmes technologiques et les organisations oblige ensuite à une forme de traitement qui diffère selon les solutions.

Dans les projets d'amélioration de produits, les solutions sont évaluées par le groupe d'après les critères de l'analyse fonctionnelle. A la suite de cette évaluation un choix définitif est réalisé par le responsable de service, si possible lors de la réunion du groupe. Cette décision prend en compte les contraintes indiquées lors de la recherche d'informations. Cependant, ce degré de liberté quant à la prise de décision permet également au responsable de service d'intégrer des éléments liés à la stratégie de l'entreprise.

Dans les projets d'amélioration des processus, les solutions sont évaluées non seulement par rapport à leur capacité à résoudre un sous-problème particulier mais aussi par leur effet sur les autres sous-problèmes. Un antagonisme éventuel est ensuite recherché entre toutes les solutions et cela dans les systèmes : informationnel, opérationnel et décisionnel. En cas de conflit entre deux solutions nous retenons celle qui satisfait à un plus grand nombre de sous problèmes.

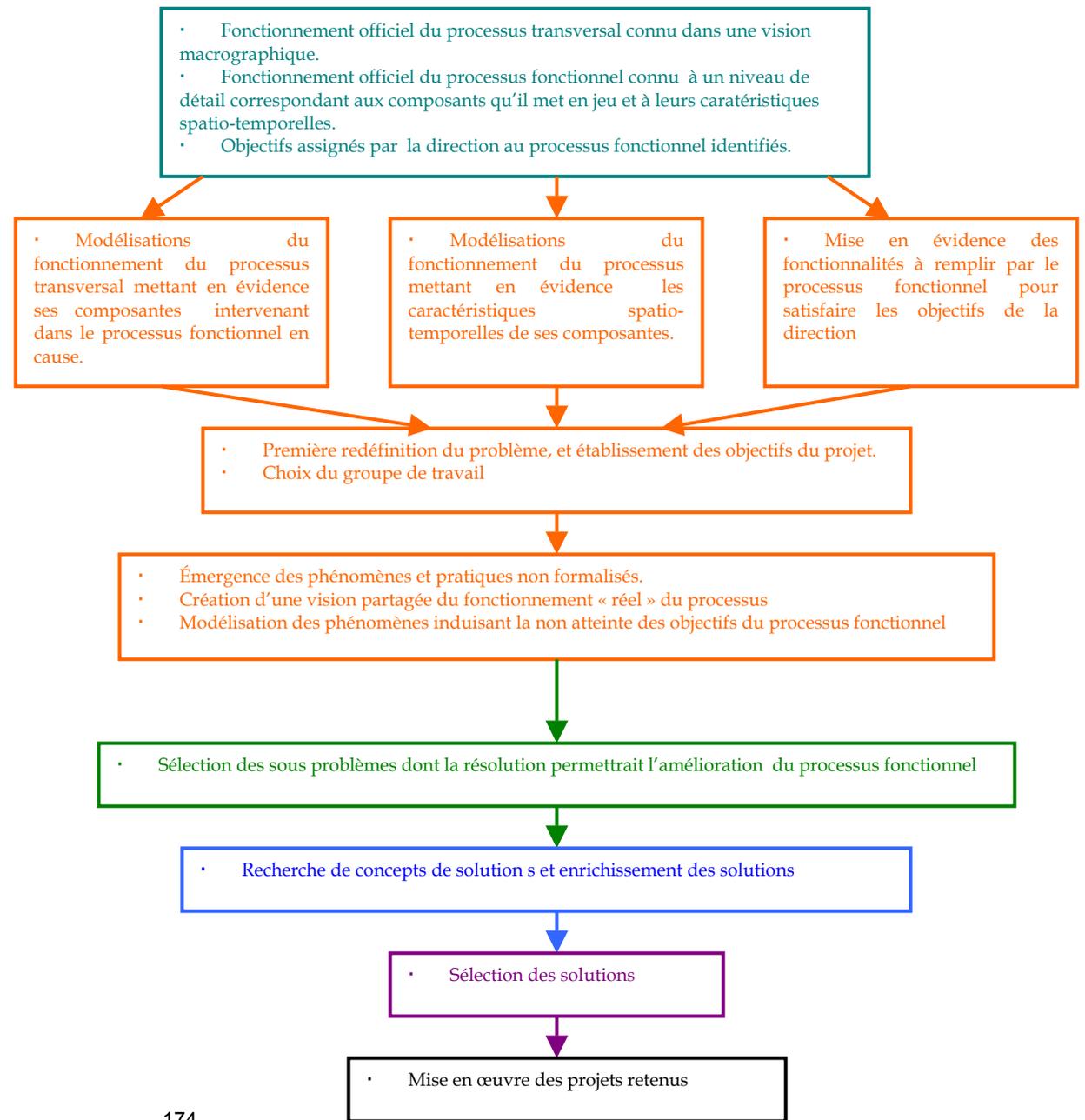
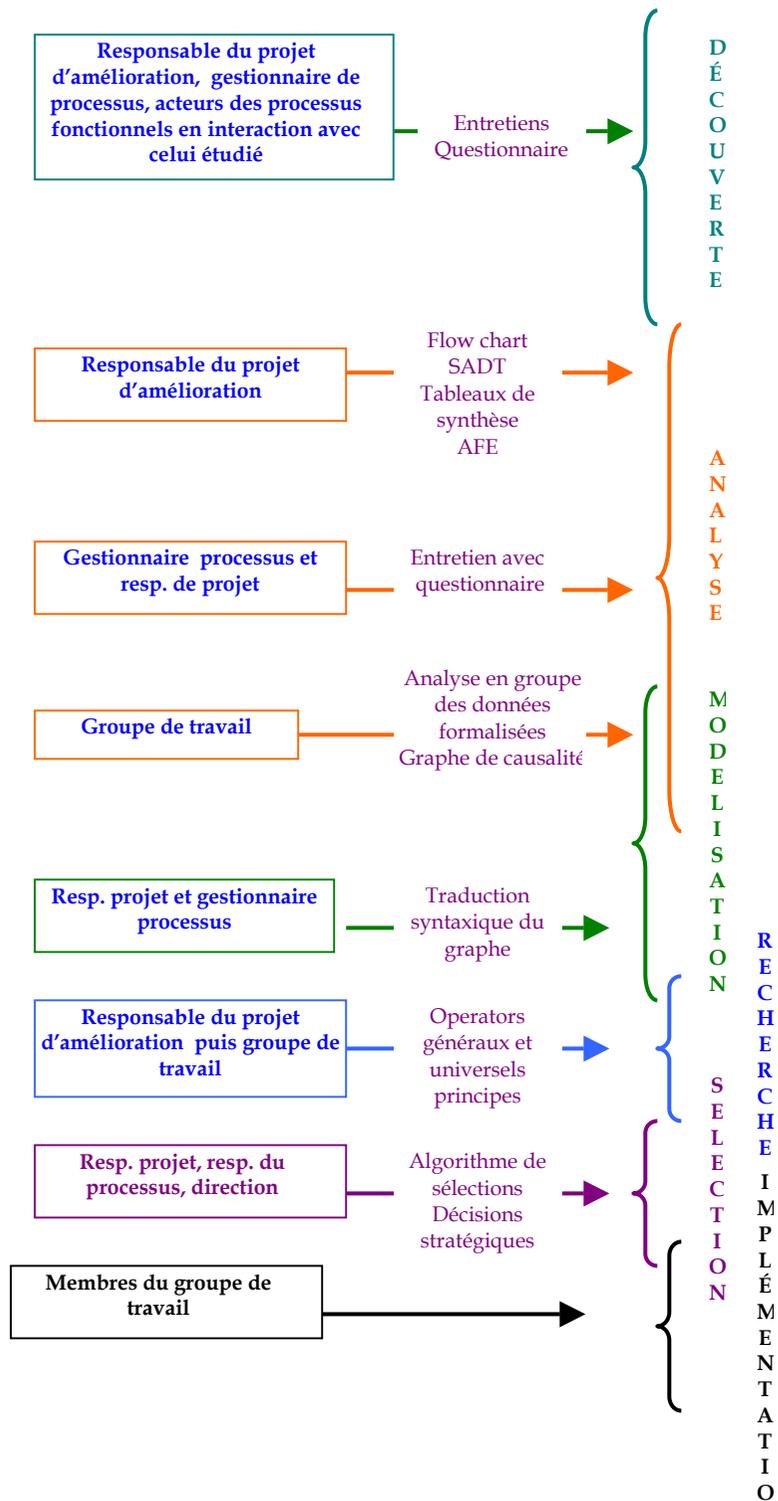


Figure 53 : modèle de conduite de la méthode d'amélioration (spécifiée pour le traitement d'un problème de processus)

plus positif pour le processus. L'ensemble des solutions issues de cette analyse est proposé au responsable de processus et à nouveau discuté, avant qu'il effectue son choix. Les indicateurs de contrôle des processus permettant la mesure des solutions envisagées sont définis.

Le projet, quelle que soit la nature du système, se termine par la présentation de son déroulement et des résultats obtenus à la direction. Cette dernière décide alors sur les suites à donner aux propositions soumises. Quelles qu'elles soient il est alors essentiel que les membres du groupe de travail soient des membres actifs des projets lancés dans la continuité de cette étude.

5.1.2. Natures et qualités des résultats en amélioration de produits

L'exploitation de la méthode conduit à l'obtention de solutions nouvelles destinées à résoudre les problèmes que pose une conception existante. Ce rappel est important car si l'exploitation de la méthode peut aboutir à une nouvelle conception de produit, son fonctionnement implique cependant l'existence préalable d'un système. Seule la détection d'un décalage entre les caractéristiques réelles et celles attendues d'une fonctionnalité de ce système permet d'aborder l'étude. La méthode que nous avons bâtie ne peut donc pas être revendiquée comme une méthode de conception.

Nous présentons dans le tableau 29 les bilans horaires de deux études portant sur des systèmes technologiques. L'une est celle de Syléa, objet de l'expérimentation rapportée dans ce document. L'autre est une étude menée par Dupont [38] chez PSA Peugeot Citroën, mise en œuvre suivant la méthodologie définie dans ses travaux de thèse. L'objet de cette étude était l'amélioration non pas d'un produit mais d'un procédé.

	SYLEA		PSA PROCEDE	
	Heures	%	Heures	%
Découverte	70	28,5	53	24
Analyse	40	16,3	24	11
Recherche de solutions	75	30,5	74	34
Sélection des solutions	21	8,5	12	5,5
Rédaction dossier pour transmission	40	16,2	56	25,5
Total	246 h	100%	219 h	100%

Tableau 28 : Dimensionnement du volume horaire d'une étude produit/procédé

Le bilan horaire proposé tient compte des cumuls horaires de tous les membres de groupes ayant pris part à des réunions. En revanche, il n'inclut pas pour l'étude Syléa le temps consacré au développement et à la construction détaillée de la solution harpon telle qu'elle a été définie ici.

Il en ressort un temps global d'étude compris entre 220 et 250 heures. Cette répartition du nombre total d'heures ne représente pas l'étalement dans le temps de ces projets car les phases découverte, analyse et rédaction mobilisent énormément de temps du responsable de projet tandis que celles de recherche et sélection des solutions incluent une part importante de temps de travail en groupe. La partie découverte /analyse du problème mobilise 35 à 45 % du temps d'études ce qui est le poste le plus important du projet. La recherche de solutions - malgré l'amplification horaire liée à l'effet groupe - reste limitée à 30 / 35 % du temps global.

Dans le cadre de l'étude que nous avons développée dans notre expérimentation, 53 concepts de solutions avaient été proposés. Dans celle menée ensuite par G. Dupont chez PSA, ce sont 56 concepts

qui ont été émis.

Deux projets sont insuffisants pour en déduire des caractéristiques générales. Cependant, ils permettent de dégager des tendances compte tenu de la similitude des temps consacrés et du volume de solutions obtenues. Leur « productivité » en termes de nombre de concepts / temps consacré apparaît comme d'autant plus importante que les deux sujets de ces études étaient des sujets « récurrents » des entreprises. Ils avaient donc déjà fait l'objet de nombreux travaux et projets. Or la phase de recherche d'informations fait nécessairement apparaître les solutions issues de ces projets précédents qui sont alors éliminés du champ des solutions possibles. Dans la réalité ce n'est pas vraiment ce qui se produit. Il est fréquent que lors de la phase de recherche de solutions, des concepts similaires à ceux de ces projets précédents réapparaissent. Cependant, en connaissant les problèmes posés par ces solutions, et parce que d'autres concepts ont également émergé lors de la séance, il est possible de trouver, par un assemblage de concepts, des solutions aux difficultés non résolues par ces précédents projets.

La qualité intrinsèque de ces projets est satisfaisante puisque dans les deux projets évoqués certaines des solutions proposées ont été la base de développements.

Nous ne développerons pas ici le projet PSA car il n'appartient pas à nos propres travaux de recherche (on notera cependant que 16 concepts ont été retenus pour le développement de solutions complémentaires permettant d'améliorer le fonctionnement du procédé étudié).

Dans le cas du projet Syléa l'étude a abouti à proposer un produit totalement nouveau. Et non seulement une amélioration de l'existant. Pour tout projet il est possible ainsi de parvenir à une conception totalement différente. La limite de l'évolution de la conception n'est pas la créativité mais les contraintes posées par les systèmes existants. Plus les limitations imposées par le projet sont contraignantes et plus il devient difficile de proposer des améliorations véritablement effectives. En poussant ce raisonnement à l'extrême, si rien ne peut être modifié, il est évident que le problème ne peut être résolu. Malgré l'évidence de ces propos il est difficile, en début de projet, d'obtenir du responsable industriel les limites claires de l'étendue des modifications envisageables sur le système étudié et surtout sur son environnement (qu'il s'agisse de son environnement, de sa fabrication ou de son usage). Pourtant cette condition positionne totalement la définition du problème et la qualité des solutions obtenues. Ainsi, la seule qualité d'une solution ne peut pas être uniquement jugée grâce à l'analyse fonctionnelle produit. La valeur de la solution n'est reconnaissable que dans sa mise en œuvre. La qualité des solutions est plus dépendante du fait d'avoir obtenu l'expression du besoin réel et global du responsable industriel que de la capacité de la méthode à permettre l'obtention de solutions.

5.1.3. Natures et qualités des résultats en amélioration de processus

Comme dans le cas des systèmes technologiques, l'exploitation de la méthode est conditionnée par l'existence préalable d'un système, ici un processus. Cette limite est cohérente avec le domaine d'application que nous nous sommes définis : l'amélioration d'un processus existant et non la recherche d'une conception totalement différente.

Les résultats obtenus dans les expérimentations présentées vont effectivement dans ce sens. Les concepts et objectifs qui ont donné lieu à la définition du processus fonctionnel étudié ne sont pas remis en cause. Ce sont sur les moyens, ressources et leurs caractéristiques, que sont émises des propositions d'évolutions.

Nous avons fait figurer dans le tableau 30 les volumes horaires et pourcentages du temps de projet pour chacune des phases des deux expérimentations.

Des précautions doivent être prises pour analyser ces indicateurs. En effet, nous rappellerons que la première étude n'a pas été menée jusqu'à son aboutissement normal (rachat de l'entreprise). De plus, le groupe de projet n'a pas pu fonctionner dans les conditions prévues. Ces deux points conduisent à diminuer fortement les volumes horaires des dernières phases.

Par ailleurs, le volume d'heures, en considérant les premières phases de cette étude et l'ensemble de

celles de la Mancelle paraissent similaires dans leur répartition à celui d'une étude produit. Cependant, cette représentation est faussée par le fait que lors de la recherche de solutions le travail est surtout réalisé par le responsable de projet seul. Le fait qu'il ne s'agisse pas d'un travail en groupe diminue le volume horaire global mais la charge du responsable est beaucoup plus lourde que dans le cas produit. La situation est similaire lors de la sélection des solutions pour laquelle il est obligatoire de mener un travail d'analyse des compatibilités et incompatibilités des concepts qui s'avère fastidieux. Enfin, la présentation du rapport final est assez longue en raison, notamment, des modélisations de processus qui doivent être proposées.

	Cartonnages		MANCELLE	
	Heures	%	Heures	%
Découverte	50	32,9	56	27,6
Analyse	20	13,2	25	12,3
Recherche de solutions	44	28,9	47	23,2
Sélection des solutions	8	5,3	18	12,3
Rédaction dossier pour transmission	30	19,7	50	24,6
Total	152	100%	203	100%

Tableau 29 : Dimensionnement du volume horaire d'une étude processus

Compte tenu de ces particularités, la réalisation des projets concernant les processus tend à plus s'étaler dans le temps que les projets portant sur les produits. La phase d'analyse est particulièrement difficile à restreindre dans le temps car l'hétérogénéité des sources, lieux et formes des informations rassemblées, nécessitant parfois la création de relevés, entraînent des retards.

Aussi, si un projet concernant un produit peut s'étendre, dans les meilleures conditions, sur trois à quatre semaines, un projet processus tend à s'étendre sur environ deux mois (dans les meilleures conditions également). A titre de comparaison on peut indiquer les prestations offertes par l'ANACT (Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail, <http://www.anact.fr/rtt/outils/GuideEval.html>). Celle-ci propose de mener des diagnostics « courts » des organisations PME/PMI en une semaine. Ce qui est proche de la durée de nos phases découverte/analyse (en incluant également dans la prestation de l'ANACT les temps d'entretiens durant lesquels les membres de l'entreprise sont impliqués). Nous en concluons que le bilan horaire requis par l'étude est satisfaisant. De façon générale, au-delà de cette durée d'audit il est difficile de proposer des référentiels de durées de projets de réorganisations, l'ampleur des projets, le fonctionnement des entreprises conduisant à des durées très variables. Nous nous contenterons donc d'estimer qu'une durée globale de deux mois apparaît, au regard de notre expérience, comme une durée cohérente pour un projet d'amélioration d'un processus fonctionnel.

La valeur des résultats techniques obtenus, c'est-à-dire des solutions émises, est démontrée par l'évolution positive des indicateurs employés dans le cadre de l'expérimentation menée à la Mancelle.

En ce qui concerne la dimension d'apprentissage organisationnel, nous avons noté l'implication des membres du groupe. Ainsi la réactivation de la réunion journalière entre le Bureau d'Études, les méthodes et le contrôle, a été engagée directement par les membres de ces services. Pourtant ils étaient à l'origine de sa suspension car ils n'en percevaient pas l'utilité.

La situation est similaire en ce qui concerne les solutions informatiques d'échanges de données entre le contrôle et les BM/BE. Ce sont les membres du contrôle qui ont, d'eux-mêmes, cherché les moyens de mettre à disposition dans leur service le matériel nécessaire.

Enfin, au Bureau d'Études, une recherche a été menée sur les logiciels permettant la lecture et l'exploitation de fichiers 3D sur de simples PC. La sélection de SolidWorks a conduit à soumettre un

projet d'investissement à la direction. Son implantation permettrait de transmettre des plans de pièces au contrôle. Le mode très simple d'utilisation du produit permettant son utilisation par des personnes non formées à la CAO.

Ces différents exemples démontrent donc d'une réelle évolution du comportement du groupe qui peut permettre le développement d'un nouveau mode de fonctionnement et d'échange entre les services. Cette évolution est également mise en relief par l'évolution de l'indicateur concernant le taux de renseignement des fiches de suivis en atelier. Compte tenu de la difficulté récurrente dans les ateliers à obtenir des opérateurs les renseignements sur ces sortes de documents, cet indicateur apparaît comme réellement significatif d'un changement de comportement.

Cependant, comme nous l'avons souligné dans le chapitre de bilan consacré à cette expérimentation il est difficile d'apprécier l'étendue (est-ce que d'autres processus bénéficient de cette meilleure compréhension des rôles et objectifs des autres fonctions de l'entreprise, de cette appréhension de l'interconnexion des actes des différents acteurs ?) et la durée de ses effets.

Ces premiers résultats permettent cependant de définir la validité d'une partie des hypothèses soutenues dans ces travaux de thèse et que nous rappelons avec la reproduction des figures 55 et 56.

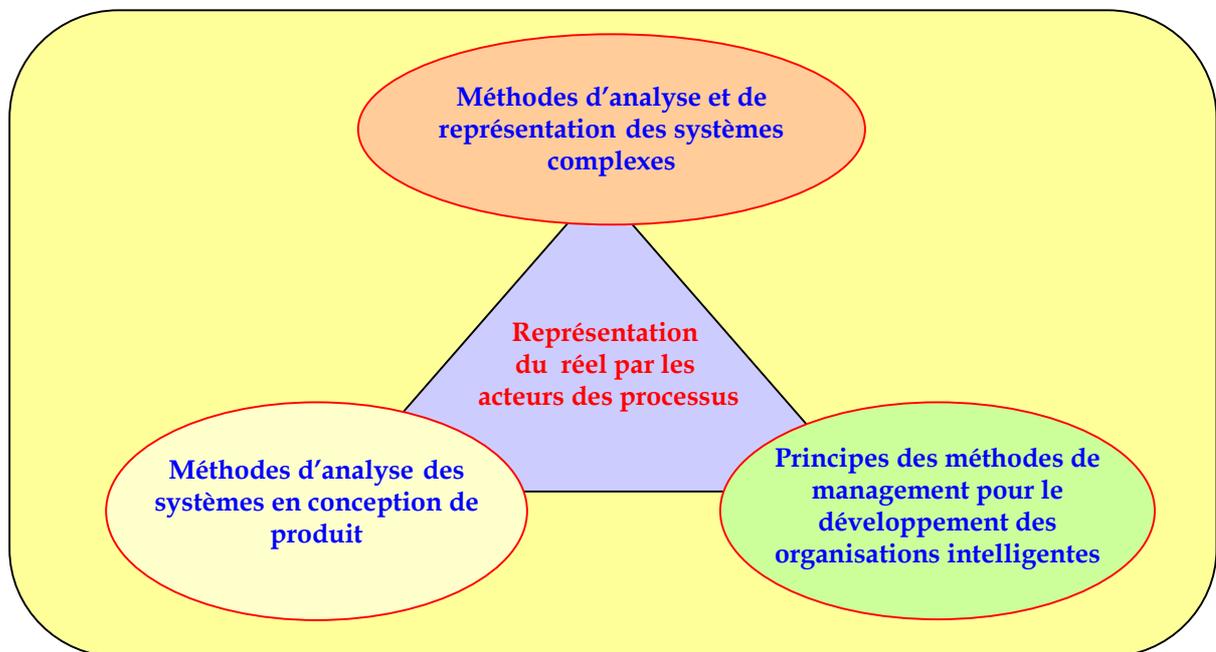


Figure 54 : Apports méthodologiques requis pour l'obtention d'une représentation du fonctionnement réel des systèmes organisationnels

Les expérimentations menées, tant dans le cadre de systèmes technologiques qu'organisationnels, ont montré les points suivants.

- L'efficacité d'exploitation des informations obtenues grâce aux concepts, méthodes et outils classiquement employés pour la recherche d'informations dans les projets d'organisations (interviews, suivis de flux) peut être énormément amplifiée si:
 - les données sont structurées et analysées au moyen d'outils tels que l'analyse fonctionnelle. Cette exploitation ouvre la possibilité d'identifier clairement le différentiel entre un état idéal souhaité et celui existant,
 - les concepts et outils sont employés de façon à guider la phase d'analyse vers une expression sous une forme événementielle qui autorise la prise en compte des interactions des différentes composantes des organisations (systèmes d'informations, opérationnel et décisionnel, ressources humaines et matérielles)

- L'utilisation de ces informations est un support au dialogue entre les acteurs d'un processus. Elles constituent alors un assemblage de faits non subjectifs et d'objectifs clairs, reconnus par tous et en accord avec les objectifs stratégiques de la direction.
- L'attribution comme finalité à ce dialogue de la construction d'un graphe de causalité implique l'émergence des causes et raisons jusque là ignorées parce que non officialisées ou dont l'importance n'était pas reconnue.

Ces deux derniers points forment la base du développement d'un comportement pro-actif des membres du groupe. Cette évolution de leur implication dans le changement est renforcée par leur participation à l'élaboration, la sélection et la mise en place des solutions (fig. 23).

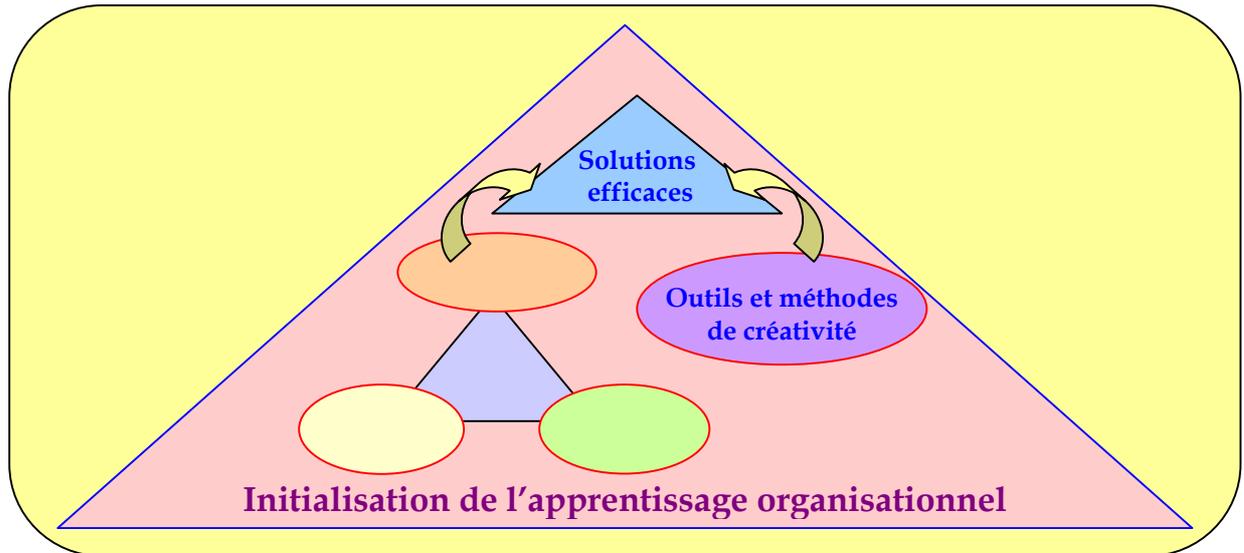


Figure 55 : Apports méthodologiques requis pour initialiser l'apprentissage organisationnel

5.2. Apports et limites de l'approche proposée par la méthode

5.2.1. Au domaine industriel

En ce qui concerne la nature et l'ampleur du système objet de l'étude d'amélioration nous devons rappeler ou indiquer les limites que la méthode impose.

La première de ces limites est la préexistence d'un système. Qu'il s'agisse d'améliorer un système technologique ou organisationnel, son déploiement s'appuie sur l'existence d'un décalage entre un état existant et un état souhaité. Elle ne peut donc, a priori être envisagée comme une pure méthode de conception. Cependant, le cas produit présenté en expérimentation démontre que l'on peut aboutir, si tel est le souhait, à une conception totalement différente. L'ampleur des améliorations varie de l'amélioration d'une des caractéristiques d'un composant à la proposition d'un système totalement nouveau. En revanche, cette méthode ne permet absolument pas la conception d'un nouveau système sur la base unique des fonctionnalités à satisfaire.

Par ailleurs, dans sa spécification au solutionnement de problèmes dans les processus son champ d'action nous paraît également limité. La méthode a été conçue pour un emploi dans des PME. Il est alors possible d'appréhender relativement rapidement le fonctionnement du processus fonctionnel en cause et de son système englobant le processus transversal dans lequel il intervient. De même il est possible de réunir au sein du groupe de travail tant les représentants des fonctions actrices de ce processus transversal que ses décideurs directs (hiérarchie intermédiaire). Lorsque la taille de l'entreprise et sa structuration rendent impossible de réunir ces personnes représentatives du processus transversal et de ce niveau de pouvoir décisionnel, l'efficacité de la méthode ne peut qu'être fortement détériorée.

Un des objectifs de ces travaux de recherche était non seulement de développer et de structurer une méthode d'amélioration mais également de la rendre accessible aux industriels.

En effet, Probst et Thiry [89, 104] indiquent que le problème de l'organisation apprenante est notamment dans la déclinaison dans le temps des résultats obtenus. Il est donc nécessaire de pouvoir relancer la démarche régulièrement en impliquant les individus. En effet, l'évolution d'un comportement ne peut être obtenue sur le fait d'une seule action, d'un seul projet. C'est ce point qui rend notamment difficile l'appréciation de la réussite du projet sur ce plan, car elle requiert :

- de disposer de temps pour mesurer les effets produits et la durée de ces effets,
- d'identifier des indicateurs qui révéleront l'incidence de l'étude sur le fonctionnement de processus autres que ceux étudiés dans le projet.

Une méthode totalement maîtrisée par les industriels permettrait aux responsables de processus de la faire appliquer par un membre de l'entreprise (non impliqué dans les processus en cause). Ces projets s'inscriraient dans une gamme similaire à celle des projets qualité couramment menés dans les entreprises. Sous la forme actuelle de la méthode il est encore difficile d'envisager ce transfert. L'utilisation du logiciel IWB au sein de la phase d'analyse du problème doit faciliter ce transfert en écartant toute nécessité d'une formation à TRIZ. Actuellement aucun essai en grandeur réelle n'a été mené par un groupe non formé à la recherche de solutions. Nous ne sommes donc pas capables de définir les réelles possibilités d'une telle pratique.

Par ailleurs, la phase de sélection et de consolidation de solutions qui est actuellement réalisée par l'intervenant extérieur demeure délicate à manipuler sous cette forme. Ce calcul peut par contre être facilement informatisé. Un certain nombre d'étapes peuvent ainsi être facilité par l'utilisation d'outils informatiques (tracé des flow charts, gestion des questionnaires, matrice de liaison analyse fonctionnelle/ qualification des solutions). Nous travaillons actuellement à ce développement avec l'Université Technique de Valladolid.

5.2.2. Au domaine scientifique

Nous considérons deux limitations importantes à ces travaux dans la forme actuelle de la méthode.

En premier lieu, TRIZ a été développée pour des systèmes technologiques et ceci de manière heuristique à partir de données issues essentiellement de systèmes technologiques. De ce fait, il demeurera toujours un doute possible quant à la pertinence des préconisations pour les organisations, aucune démonstration sérieuse n'ayant été effectuée à l'heure actuelle pour démontrer cette possibilité malgré quelques petites tentatives de transposition préalables [35, 36, 41, 113, 114]. A partir de la réussite sur un cas particulier, il peut toujours être montré qu'il existe des plages de concordance entre les systèmes technologiques et les systèmes complexes. Ce résultat ne permet pas d'écarter l'existence parallèle de zones non communes. Actuellement, le seul apport que nous ayons effectué sur ce sujet est celui présenté au chapitre 3.3. Ce dernier tend effectivement à montrer – expérimentalement – qu'il y a recouvrement entre les évolutions respectives de ces deux natures de systèmes et que l'espace de solutions potentielles sur les processus organisationnels semble couvert. L'emploi de la méthode d'amélioration repose donc aujourd'hui sur le parti pris de croire que les zones communes d'évolution des systèmes technologiques et complexes sont suffisamment importantes pour qu'il y ait un réel apport lié à l'usage des bases de données créatives de TRIZ.

L'autre aspect limitant de nos travaux est la faiblesse de la prise en compte du mode de management de la PME dans laquelle se déroule le projet.

Ces aspects et rôles des formes de management ont été évoqués dans les parties consacrées à définir le contexte et la problématique de ces travaux. Nous avons ainsi largement rappelé les différents modes de management et de cultures qui différencient les entreprises entre elles. Or nos expérimentations nous ont montré combien dans la résolution des problèmes organisationnels, le climat qui règne dans l'entreprise, le degré d'autonomie qui est accordé aux opérateurs comme aux cadres intermédiaires sont déterminants pour permettre ou non leur implication dans le projet et le désir de sa réussite.

Mais le mode de management joue un rôle essentiel lors de la prise finale de décisions au cours de la réunion qui est menée avec la direction. Si cette dernière n'est pas elle-même prête à admettre une remise en cause de son fonctionnement, de son point de vue, si elle est soumise pour toute chose aux directives d'un siège social, les résultats finaux de l'étude seront totalement modifiés. Dans le travail de recherche effectué nous ne disposons pas actuellement d'éléments autres que des impressions pour mesurer l'influence de ces facteurs pourtant décisifs. Une identification claire de ces facteurs et de leur relative influence devrait permettre de clarifier le champ possible d'emploi de cette méthode pour différentes formes de management.

5.3. Perspectives

Les limites que nous avons soulignées dans le chapitre 5.2 définissent en elles-mêmes une large part des différentes formes de prolongements que nous souhaitons donner à ces travaux.

5.3.1. Simplification de l'exploitation de la méthode en milieu industriel

Des travaux complémentaires de deux natures devraient être effectués pour qu'un transfert effectif de la méthode vers le monde industriel puisse être réalisé.

- Des travaux destinés à renforcer l'intégration de la méthode en informatisant et formalisant une partie des opérations de mise en forme et de traitement des données. Il ne s'agit absolument pas de mener une informatisation forcée de la méthode qui serait contraire aux théories liées à la communication que nous soutenons. L'utilisation de l'informatique est ici uniquement destinée au traitement des opérations routinières.
- Un travail d'enquête et d'analyse sur les formes de management déployées par les entreprises de types PME / PMI pouvant permettre et souhaiter la mise en œuvre de cette forme de projet de développement. Cette enquête, que nous avons également entamée, est également destinée à affiner notre vision des thématiques traitées, moyens humains, matériels et temporels affectés dans les PME/PMI à ces projets en fonction des typologies de systèmes organisationnels adoptés.

5.3.2. Amélioration de la pertinence des pratiques développées

Sur le plan scientifique nous nous sommes référés dans nos travaux aux idées et préconisations émises par les grands auteurs sur les organisations apprenantes et les méthodes de management. Lors de la synthèse documentaire effectuée au chapitre 2.5 nous avons souligné l'aspect conceptuel de ces approches. Le fait que ces auteurs ne fournissent pas de pistes réelles pour la mise en pratique de ces concepts et idées. En contrepartie, nous nous sommes efforcés de concevoir les pratiques proposées dans cette méthode dans l'optique de ces concepts. Cependant, nous ne prétendons pas disposer des connaissances en sociologie et psychologie nécessaires pour suivre les arcanes de ces réflexions et l'étendue de leur application.

De ce fait, les pratiques de la méthode, telles qu'elles sont proposées aujourd'hui, doivent pouvoir être affinées et renforcées sous la condition d'un travail multidisciplinaire avec des spécialistes de ces domaines.

Nous avons pu constater au cours de nos expérimentations une très forte adhésion du groupe lors des phases de recherche de solutions, de créativité. Ce n'était pas l'objet de nos travaux mais il serait incontestablement intéressant de mesurer plus finement l'impact de tels exercices sur le comportement d'un groupe d'opérateurs devant travailler régulièrement entre eux. Les limites des formes et natures de sujets qui peuvent être abordées, sans que la structure hiérarchique soit dangereusement remise en cause, doivent également être définies.

5.3.3. Amélioration de l'efficacité des bases de données de TRIZ pour la résolution des problèmes organisationnels

Il existe deux aspects dans les améliorations qui peuvent être recherchées.

Le premier de ces aspects est celui de la réelle communauté pouvant exister entre les formes d'évolutions mises en œuvre dans les systèmes complexes comme les organisations et celles observées dans les systèmes technologiques.

La constitution de ces bases de données pour les systèmes technologiques a reposé sur l'analyse des lois d'évolution biologiques, de grands systèmes technologiques et de brevets. Ces derniers permettent notamment de faire le lien entre les caractéristiques antagonistes présentes dans un système et les étapes d'évolution les plus souvent mises en œuvre pour les résoudre.

Dans les organisations on ne peut disposer de bases aussi volumineuses pour effectuer un travail d'analyse similaire. En revanche, un travail de fond pourrait être mené en cherchant quelles similitudes d'évolutions chacune des composantes d'une organisation présente avec celles qui sont connues dans les systèmes technologiques. Nous pensons qu'un travail théorique sur les conditions et hypothèses pour formuler une analogie, concernant les caractéristiques structurelles TRIZ et les principes TRIZ, entre systèmes technologiques et systèmes organisationnels reste à faire et est d'importance. Ce travail pourrait s'appuyer à la fois sur des travaux théoriques de la théorie de l'analogie en intelligence artificielle et sur des propriétés générales de la théorie des systèmes.

5.3.4. Conclusion

Ainsi que, sans doute, le laisse supposer le grand nombre de questions pour lesquelles nous n'avons pas aujourd'hui de réponses, et la diversité des champs de travaux futurs que nous proposons, nous sommes persuadés que ces travaux ne peuvent être considérés que comme une ouverture à un domaine de recherche. Des projets complémentaires doivent être menés, qui pour être porteurs de résultats devront s'appuyer sur une multidisciplinarité des disciplines s'y associant.

Malgré l'ampleur de la tâche que l'on peut ressentir, le problème soulevé est aujourd'hui crucial pour les entreprises. Le sujet n'est pas tant d'optimiser une organisation industrielle que de créer une réelle synergie entre les processus développés autour du triptyque produit/ process/ processus conçus et gérés pour parvenir à une création de valeur qui satisfasse tant l'entreprise que le marché. Dans ce contexte, l'innovation ne peut être cantonnée à des applications purement technologiques mais son emploi doit, au contraire, s'étendre au mode de management employé.

Bibliographie

- [1] **AFAV** (1996) "*Qualité en conception - La rencontre : Besoin - Produit - Ressources*", AFNOR, Paris, ISBN 2124709119, 280p.
- [2] **Altshuller, G.** (1992) "*And suddenly the inventor appeared*", Technical Innovation Center, Worcester MA, ISBN 0964074028, 173p.
- [3] **Altshuller, G.** (1999) "*Algorithm of Solving Inventive Problems*", www.Triz.fis.nsk.s.
- [4] **Altshuller, G.** (1984) "*Creativity as an exact science*", Gordon and Breach Publishers.
- [5] **Altshuller, G.** (1999) "*The innovation algorithm*", Technical Innovation Center, Worcester MA, ISBN 0964074044, 312p.
- [6] **Argyris, C.** (1990) "*Overcoming Organizational Defences - facilitating Organizational Learning*", Allyn and Bacon, Boston.
- [7] **Argyris, G., Schon, S.C.,** (1978) "*Organizational Learning : A Theory of Action Perspective*", Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts.
- [8] **Baranger, P., Chen, J.** (1995) "*Gestion de la production*", Vuibert, Paris, ISBN 2711795624, 200p.
- [9] **Bertoluci, G., Le Coq, M.** (2000) "*Integration of TRIZ in the product design process*", IDMME 2000, Montreal.
- [10] **Bertoluci, G., Le Coq, M., &al.** (2001) "*Démarche de résolution de problème*", 7ème Colloque sur la Conception Mécanique, La Plagne, AIP - PRIMECA.
- [11] **Bertoluci, G., Le Coq, M. &al.** (1999) "*TRIZ : une méthode d'aide à l'innovation encore mal connue des praticiens*", Revue Française de Gestion Industrielle, Vol.18, N°4, pp.5-26.
- [12] **Bloch, P., Loch, R. &al.** (1986) "*Service compris*", l'Expansion/Hachette/ J.C. Lattés, Paris.
- [13] **Bower, G.H., Hilgard, E. R.** (1983) "*Theorie des Lernens* ", Stuttgart.
- [14] **Bréchet, J. P., Melvellec, P.** (1999) "*Pour une articulation dynamique entre stratégie et contrôle de gestion*", Revue Française de Gestion, N° Juin-Juillet-Aout, pp.22-37.
- [15] **Campagne, J.P., Trentesaux, D.** (1999) "*Organisation et gestion de Production*", Groupement pour la Recherche en Productique, pp.1-24.
- [16] **Cangelosi, V. E. and W. R. Dill** (1965) "*Organizational Learning : Observations Toward a Theory*", Administrative Science Quarterly, pp.175-203.
- [17] **Cattan, M., Idrissi, N. et al.** (1997) "*Maîtriser les processus de l'entreprise, guide opérationnel*", Les Editions d'Organisation, Paris, ISBN 2708120808, pp.247.
- [18] **Cavallucci, D.** (1999) "*Contribution à la conception de nouveaux systèmes mécaniques par intégration méthodologique*", Thèse de doctorat, Mécanique, Univ. L.Pasteur, ENSAIS, 231p.
- [19] **Chandler, C.** (1989) "*Stratégie et structure*", Les Éditions de l'organisation, Paris.
- [20] **Charpentier, P.** (1998) "*La gestion du changement dans les organisations*", Management et organisation des entreprises, Cahiers Français, Vol. 287.
- [21] **Charpentier, P.** (1998) "*L'entreprise et ses structures*", Management et organisation des entreprises, Cahiers Français, Vol. 287, Ed. ISSN : 0008-0217.
- [22] **Chauvel, A. M.** (1996) "*Méthodes et outils pour résoudre un problème*", Dunod, ISBN 2100052063, 341p.
- [23] **Chazelet, P., Lhote, F.** (2001) "*Repères pour un modus vivendi sur la valeur*", RFGI : Revue Française de Gestion Industrielle, Numéro spécial sur le Management par la Valeur, Vol.2/2001.
- [24] **Chomat, N.,** (1999) "*L'apport des sciences cognitives au cadre d'analyse du renouvellement des formes organisationnelles*", N°4, pp.16 - 24.

- [25]Cohendet, P., Lerena, P. (1999) "*Flexibilité et modes d'organisations*", Revue Française de Gestion, N°Mars - Avril - Mai, pp.72 - 79.
- [26]Courtois, A., Martin, C. &al. (1995) "*Gestion de Production*", les Éd. d'Organisation, Paris, 375p.
- [27]Darke, J. (1984) "*The primary generator and the design process. Developments in Design Methodology*", Nigel Cross, New York.
- [28]Davenport, T. (1993) "*Process innovation. Re-engineering Work Through Information Technology*", Havard Business School Press, Boston.
- [29]De Brabandere, L., Mikolajczak, A. (1994) "*Le plaisir des idées. Libérer, gérer et entraîner la créativité au sein des organisations*", Dunod, Paris, ISBN 2100040847.
- [30]De La Ville, V. I. (1998) "*L'apprentissage organisationnel*", Management et organisation des entreprises, Cahiers Français, Vol. 287, pp.96-101.
- [31]De Rosnay, J. (1975) "*Le Macroscopie, vers une vision globale*", Edition du Seuil, Paris.
- [32]Desreumaux, A. (1992) "*Structures d'entreprises*", Vuibert, Paris.
- [33]Domb, E. (1997) "*TRIZ, an approach to systematic Innovation*", GOAL/QPC Research Committee.
- [34]Domb, E. (1998) "*Psychological inertia : two kinds in one stone story*", www.triz-journal.com, Août.
- [35]Domb, E. (1999) "*40 inventive (business) principles with examples*", www.triz-journal.com, Sept.
- [36]Domb, E. (1999) "*Strategic TRIZ and Tactical TRIZ : using the technology Evolution tools*", Izobreteniya, Oct.
- [37]Domb, E. (2001) "*What is TRIZ? Managing Creativity for Project success.*", www.triz-journal.com.
- [38]Dupont, G., Bertoluci, G. et al. (2000) "*Application de la méthode de résolution de problèmes TRIZ aux problèmes de process*", Confère, Marseille.
- [39]Dupont, G., R. Verven (1999) "*Analyse et mise en oeuvre de la méthode de conception TRIZ*", PFE, ENSAM Paris, 56 p+ annexes.
- [40]Fauret, S., Mary, F (2000) "*Application de la méthode TRIZ à la prospective technologique*", PFE ENSAM Angers, 62p + annexes.
- [41]Fear, S. (1998) "*Methods of election campaign strategy and tactics*", Saint Petersburg, 136p.
- [42]Gaabab, A., Trabelsi, B. &al. (2000) "*Gestion de l'énergie et création de valeur dans une entreprise industrielle*", La valeur, des produits, procédés et services, Vol.84, Avril, pp.3-7.
- [43]Genelot, D. (1992) "*Manager dans la complexité - Réflexions à l'usage des dirigeants*", INSEP Éditions, 327p.
- [44]Giorgini, P. (1997) "*1997 Autoroute de l'information et organisation du travail : la fin d'une stratégie classique*", Gestion 2000, Vol.4, pp.79-87.
- [45]Gordon, W. J. (1964) "*La méthode synectique*", Hommes et Techniques, Paris.
- [46]Herberg, B. (1981) "*How Organizations Learn and unlearn*", Handbook of Organizational Design, pp.8-27.
- [47]Herrmann, N. (1992) "*Les dominances cérébrales et la créativité*", Retz, Paris, 1992.
- [48]Hipple, J. (1999) "*The Use of TRIZ Separation Principles to Resolve the Contradictions of Innovation Practices in Organizations*", www.triz-journal.com, mai.
- [49]Hoffman, J., Mehra, S. (1999) "*Management leadership and productivity improvement programs*", International Journal of Applied Quality Management, Vol.2, N°2, pp.221-232.
- [50]Jaoui, H. (1990) "*La Créativité : Mode d'emploi*", ESF Editeur, Paris, ISBN 2710108127, 130p.
- [51]Kaplan, S. (1996) "*An introduction to TRIZ*", Ideation.
- [52]Kieffer, J.P. (1986) "*Les systèmes de production, leur conception et leur exploitation : situation actuelle et proposition pour une recherche appliquée en Génie Industriel*", Thèse de doctorat en

Génie Mécanique, Univ.d'Aix, 334p.

- [53]Klimencki, R., Probst, G. &al. (1994) "*Entwicklungsorientiertes Management*", Stuttgart.
- [54]Laszlo, C., Laugel, J.F. (1998) "*L'économie du chaos*", Editions d'Organisation, Paris, 195p.
- [55]Le Moigne, J. L. (1990) "*La modélisation des systèmes complexes*", Dunod, Paris, 178p.
- [56]Liebenstein, X. (1996) "*Allocative efficiency vs X-efficiency*", American Economic Review, Vol.56, pp.392.
- [57]Livian, Y.-F. (2001) "*Organisation-Théories et pratiques*", Dunod, Paris, ISBN 2100053604, 322p.
- [58]Longueville, B., Le Cardinal, J. &al. (2001) "*La gestion des connaissances pour les projets de conception de produits innovants*", 7ème Colloque sur la Conception Mécanique, La Plagne, AIP - PRIMECA, pp.388-395.
- [59]Lorino, P. (1995) "*Le déploiement de la valeur par les processus*", Revue Française de Gestion, juil.août.
- [60]Lorino, P. (1997) "*Méthodes et pratiques de la performance*", Les Éditions d'Organisation, Paris.
- [61]Lugan, J.-C. (1997) "*La systémique sociale*", Presse Universitaire de France, Paris.
- [62]Maders, H. P., E. Gauthier, &al. (2000) "*Conduire un projet d'organisation, guide méthodologique*", Éditions d'organisation, Paris, 2 7081 2380 7, 247p.
- [63]Maisonneuve, J. (1998) "*La dynamique des groupes*", Presses Universitaires de France, Paris, ISBN 213045510 7, 126p.
- [64]Malmqvist, J., R. Axelsson, et al. (1996) "*A comparative Analysis of the Theory of Inventive Problem Solving and the systematic approach of Pahl and Beitz*", www.mvd.chalmers.se.
- [65]Mann, D. (2000) "*Application of Triz Tools in a Non-Technical Problem context*", www.triz-journal.com, mai.
- [66]Manzano, R. (1998) "*Modéliser pour prescrire : approche systémique des systèmes de production*", Thèse de doctorat, Génie Industriel, ENSAM, 193p.
- [67]March, J. G., Simon, H.A. (1958) "*Organizations*", J.Wiley & Sons, New York.
- [68]Marconi, J. (1998) "*ARIZ : The Algorithm for Inventive Problem Solving*", www.Triz-Journal.com, mars.
- [69]Michel, J. (2001) "*Le management par la valeur, démarche de coaching pour l'accompagnement du changement dans les organisations*", Revue Française de Gestion Industrielle, Numéro spécial sur le Management par la Valeur, avril 2001, Vol.2/2001.
- [70]Miller, J., Domb, E. &al. (2001) "*Using the 76 standards solutions : a case study for improving the word food supply*", www.triz-journal.com, mai.
- [71]Millot, E. (1999) "*Les modes de fonctionnement de l'organisation informationnelle*", Revue Française de Gestion, pp.5-18.
- [72]Mintzberg, H. (1982) "*Structure et dynamique des organisations*", Les Editions d'Organisation, Paris, 434p.
- [73]Morin, E. (1990) "*Introduction à la pensée complexe*", ESF Editeur, Paris.
- [74]Nakawage, T (1999) "*Report of a personal Trip to Triz mother countries (Russia and Belarus, Aug. 1999)*", triz-journal.com, octobre.
- [75]Nizet, J. (1999) "*Configurations organisationnelles : Mintzberg revisité*", Revue Française de Gestion Industrielle, N°2ème trimestre, pp.30 - 43.
- [76]Noël, J. (1996) "*La Créativité*", Les Produits et les systèmes, Dunod, Vol. Chapitre 3.
- [77]NormeX50-151 (1991) "*Expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel*", AFNOR.
- [78]NormeX50-152 (1990)"*Caractéristiques fondamentales de l'analyse de la valeur*", AFNOR.

- [79] Pailles, N. (1999) "*Approche globale d'aide à la décision d'investissement dans une stratégie de flexibilité pour les projets industriels (O.D.I.S.A.I.)*", Thèse de doctorat, Ecole Centrale Paris, Laboratoire Productique Logistique, 344p.
- [80] Pautzke, G. (1989) "*Die Evolution des organisatorischen Wissensbasis : Bausteine zu einer Theorie des organisatorischen Lernens*", Verlag Barbara Kirsch.
- [81] Peccei, A. (1979) "*Zukunftchance Lernen*", Club of Rome über die 80er Jahre, Glodmann, Wien.
- [82] Perigord, M. (1993) "*Les Parcours de la Qualité, démarches et outils*", AFNOR Gestion, Paris.
- [83] Périgord, M., Archier, G, Baveleau, G. (1992) "*Réussir la qualité totale*", Les Editions d'Organisation, Paris, 371p.
- [84] Perrin, J. (1999) "*Diversité des représentations du processus de conception, diversité des modes de pilotage de ces processus* », Pilotage et évaluation des processus de conception, L'Harmattan, pp.19-39.
- [85] Perrin, J. (2001) "*Concevoir l'innovation industrielle - Méthodologie de conception de l'innovation*", CNRS Editions.
- [86] Pierreval, H. (1990) "*Les méthodes d'analyse et de conception des systèmes de production*", Hermès, 58p.
- [87] Pomerol, J.C. (2000) "*Multicritères et aide à la décision*", Valenciennes, Groupe de Recherche en productique N°6.
- [88] Probst, G., Bruggimann, O. &al. (2001) "*Structurer l'organisation*", Les Editions de l'Organisation, Paris, ISBN 2708113747, 183p.
- [89] Probst, G., Buchel, B. (1997) "*La pratique de l'entreprise apprenante*", Les Editions d'Organisations, Paris.
- [90] Pugh, D. S., Hickson, D.J. (1976) "*Organizational Structure in its context*", Aston Programme, Saxon House, Farm borough.
- [91] Reix, R. (1997) "*Flexibilité*", Encyclopédie de la Gestion, Economica.
- [92] Reix, R. (1999) "*Les technologies de l'information, facteurs de flexibilité?*" Revue Française de Gestion, N°Mars - Avril - Mai, pp.111 - 119.
- [93] Royzen, Z. (1997) "*Algorithm for Inventive Problem Solving*", Symposium on Quality Function Deployment, Novi, Mi.Ninth.
- [94] Sackmann, S. (1991) "*Cultural knowledge in Organizations : exploring the collective mind*", Newberry Park.
- [95] Sackmann, S. (1992) "*Culture and subcultures : an analysis of organizational knowledge*", Administrative Science Quarterly.
- [96] Sainsaulieu, R., Piotet, F. (1994) "*Méthodes pour une sociologie de l'entreprise*", Presse FNSP, Paris.
- [97] Savransky, S. (2000) "*Engineering of creativity : Introduction to TRIZ - Methodology of Inventive Problem Solving*", CRC Press LLC.
- [98] Senge, P. (1991) "*La cinquième discipline - L'art et la manière des organisations qui apprennent*", First Editions, ISBN 287691168X.
- [99] Sisaye, S. (1999) "*An organizational approach for the study of the diffusion of process innovation strategies in internal auditing and control systems*", Intern.Journal of Applied Quality Management, Vol.2, N°2, pp.279 - 293.
- [100] Skrupskis, M., Ungvari, S. (2000) "*Management response to Inventive thinking in a public transportation agency*", triz-journal.com, mai.
- [101] Stal-Le Cardinal, J., (2000) "*Etude des dysfonctionnements de la prise de décision. Application au choix d'acteur*", Thèse de doctorat, Mécanique, Ecole Centrale Paris, 156p.
- [102] Terninko, J., Zusman, A. &al. (1996) "*Step by step : TRIZ : Creating Innovative Solution*

Concepts", Nottingham.

- [103] **Thiel, D.** (1999) "*Instabilité et phénomène d'auto organisation dans les systèmes logistiques organisés en juste à temps*", Cahier de Recherche de l'AFC, N°4, pp.95 - 101.
- [104] **Thiry, M.** (2001) "*Management par la Valeur : un modèle d'intégration au soutien de l'organisation efficace et apprenante*", Le Management par la Valeur des produits, procédés et services, Vol.88, pp.3 - 10.
- [105] **Tomala, F.** (2000) "*Etat de l'art académique et industriel de l'innovation*", Valenciennes, Groupe de Recherche en productique N°6.
- [106] **Vadcard, P.** (1996) "*Aide à la programmation de l'utilisation des outils de conception de produit*", Thèse de doctorat, Génie Industriel, ENSAM, 167p.
- [107] **Visser, W.** (1992) "*Use of analogical relationships between design problem-solution representations : exploration at the action-execution and action-management levels of the activity.*", Studia Psychologica, Vol. 34, N°4-5, 1992, pp. Pages 351-358.
- [108] **Voronin, V.** (2000) "*Art : inspiration or mathematical calculation?*", www.triz-journal.com, Février.
- [109] **Woodward, J.** (1965) "*Industrial Organization : Theory and practice*", Oxford University Press, Londres.
- [110] **Zlotin, B., Zusman, A.** (1999) "*Ariz on the move*", triz-journal.com.
- [111] **Zlotin, B., Zusman, A.** (1999) "*An integrated Operational Knowledge Base (System of Operator) and the Innovation Workbench System Software*", triz-journal.com, Mai.
- [112] **Zlotin, B., Zusman, A.** (1999) "*Problems of ARIZ Enhancement*", triz-journal.com.
- [113] **Zlotin, B., Zusman, A.** (1999) "*Triz and pedagogy*", triz-journal.com, Vol.1999, octobre.
- [114] **Zlotin, B., Zusman, A. & al** (2001) "*TRIZ beyond Technology : The theory and practice of applying TRIZ to non-technical areas*", www.triz-journal.com, Vol.2001, N°janvier.
- [115] **Zuboff, S.** (1998) "*In the age of the smart machine : the future of work and power*", Basic Books, New York.
- [116] **Zusman, A.** (1999) "*Entretien autour des concepts et outils de la méthode TRIZ*", ENSAM Paris, laboratoire OGE.

Table des Figures

Figure 1 : Critères de différenciation des définitions associées aux structures des organisations	12
Figure 2 : Les différents regards portés sur les organisations industrielles	13
Figure 3 : Les composantes de l'organisation d'après Livian [57]	14
Figure 4 : Impacts des NTIC sur la flexibilité des organisations	26
Figure 5 : Synthèse documentaire des origines de dysfonctionnements au sein du système d'information	26
Figure 6 : Influence de la notion de valeur du produit pour le client sur les pratiques des entreprises.....	33
Figure 7 : Différents niveaux d'interventions sur les processus	35
Figure 8 : Caractéristiques de la réussite d'un projet d'amélioration [49]	38
Figure 9 : Modèle conceptuel d'un processus.....	47
Figure 10 : Composants et rôles des processeurs d'après Lorino [60]	47
Figure 11 : Les sous-systèmes qui structurent un processeur (d'après Le Moigne [55]).....	48
Figure 12 : Critères à prendre en compte par l'organisation pour coordonner les actions intra et inter processeurs	51
Figure 13 : Les positions relatives de la découverte scientifique, de l'invention technique et de l'innovation en réponse à un besoin du marché (adapté de Perrin [85])	52
Figure 14 : Exemple de représentation de la partie descendante du cycle en « V » appliquée à la conception de processus.	53
Figure 15 : Notre proposition de séquençage d'une méthode générique d'amélioration des systèmes	55
Figure 16 : Différentes sources d'identification d'un problème	58
Figure 17 : Différents niveaux de décomposition du système et natures des caractéristiques mettant en évidence un décalage entre les performances souhaitées et celles atteintes... 59	
Figure 18 : Les places et caractéristiques de la créativité au sein d'un cycle de conception... 61	
Figure 19 : Zones cervicales activées et caractéristiques comportementales d'après Herrmann [47]	61
Figure 20 : Zones cervicales activées par chacune des étapes du processus créatif.	62
Figure 21 : Synthèse des apports et interactions de chacune des disciplines à développer au sein d'une organisation intelligente (d'après Senge [98])	88
Figure 22 : Apports méthodologiques requis pour l'obtention d'une représentation du fonctionnement réel des systèmes organisationnels.....	94
Figure 23 : Apports méthodologiques requis pour initialiser l'apprentissage organisationnel 95	
Figure 24 : Démarche générale.	96
Figure 25 : Utilisation de la matrice des contradictions (d'après Domb [37]).....	97
Figure 26 : Lignes de vie d'un système au travers des étapes des lois d'évolution	106
Figure 27 : Modélisation des états des différents modèles au moyen des paramètres / principes	107
Figure 28 : Schématisation de la démarche d'analyse suivie pour évaluer la validité de la matrice des contradictions dans le cadre du traitement des problèmes organisationnels	108
Figure 29 : Communauté de solutions entre les concepts organisationnels effectivement employés et ceux proposés par la matrice.....	108
Figure 30 : Schématisation SADT de la méthode d'amélioration de produit	111

Figure 31 : Schématisation SADT de l'étape A11 de découverte du problème	113
Figure 32 : Schématisation SADT de l'étape A12 d'analyse du problème	114
Figure 33 : Schématisation SADT de l'étape A2 de génération de concepts	116
Figure 34 : Schématisation SADT de la phase de construction et évaluation des solutions..	118
Figure 35 : Exemples de faisceaux électriques et connecteurs électriques	123
Figure 36 : Schéma électrique d'un véhicule.....	124
Figure 37 : Schéma d'un boîtier connecté	125
Figure 38 : Schéma d'un boîtier câblé	125
Figure 39 : Modèle S-Field du problème	127
Figure 40 : Dessin 3D du prototype de la solution Harpon.....	132
Figure 41 : Schématisation du processus d'usage de la solution harpon.....	133
Figure 42 : Exemple de représentation causale possible avec le formalisme proposé par Zusman et Zlotin (cas extrait d'une étude industrielle).....	139
Figure 43 : Différence de natures de relations causales dans les graphismes IWB et Tech'Optimizer.....	141
Figure 44 : Algorithme d'utilisation du logiciel IWB	142
Figure 45 : logigramme du processus de lancement.	148
Figure 46 : Graphe de causalités des phénomènes intervenant dans l'apparition du dysfonctionnement	149
Figure 47 : Types de grilles de supports fabriqués pour le maintien des pièces durant le traitement.....	159
Figure 48 : Graphe de causalité construit avec le groupe de travail	162
Figure 49 : représentation synthétique des solutions proposées et acceptées par les acteurs des processus, leurs hiérarchies directes et la direction.....	165
Figure 50 : Évolution cumulée du taux de Pièces Types bonnes à la première fabrication...	166
Figure 51 : Évolution cumulée des délais de réalisation des Pièces Types.....	167
Figure 52 : Évolution cumulée (en %) du pourcentage de dossiers de fabrication des Pièces types correctement renseignés.....	167
Figure 55 : Apports méthodologiques requis pour l'obtention d'une représentation du fonctionnement réel des systèmes organisationnels.....	178
Figure 56 : Apports méthodologiques requis pour initialiser l'apprentissage organisationnel	179
Figure 57 : Démarche d'élaboration d'une matrice réduite	232
Figure 58 : Axes d'analyse de l'évolution d'un processus.....	233
Figure 59 : Evolution générale des modes de production. [57]	233
Figure 60 : Diagramme pieuvre sur le processus de contrôle des pièces types	297

Table des tableaux

Tableau 1 : Variables de caractérisation de la structure et facteurs contextuels influant d'après Pugh [90].	15
Tableau 2 : Classification des typologies d'entreprises d'après Kieffer [52].	16
Tableau 3: Les composantes et mécanismes de coordination dont les combinaisons tendent à favoriser des organisations « types » d'après Mintzberg [72]	16
Tableau 4 : Paramètres de conception des structures organisationnelles.	17
Tableau 5 : Proposition de synthèse des impacts forts de l'évolution de la relation organisation industrielle/ environnement.	20
Tableau 6 : Différentes natures de flexibilités présentes dans les organisations d'après Cohendet [25].	25
Tableau 7 : Quelques perspectives sur l'apprentissage organisationnel adaptées d'Argyris, par de La Ville [30].	29
Tableau 8 : Causes et conséquences des dysfonctionnements provoquant une incohérence des processus industriels.	39
Tableau 9 : Proposition d'une typologie des origines et ampleurs des changements dans les organisations industrielles.	42
Tableau 10 : positionnement relatif des notions de méthodes et concepts d'après Vadcard [106].	43
Tableau 11: Récapitulatif des résultats essentiels qu'une méthode générique doit permettre d'atteindre.	65
Tableau 12 : Efficience des méthodes de modélisation [86].	68
Tableau 13 : Synthèse des étapes de la méthode de traitement des non-conformités par rapport aux étapes du MRP générique proposée.	69
Tableau 14 : Synthèse des étapes d'une MRP industrielle type par rapport à celles de la MRP générique proposée.	70
Tableau 15 : Synthèse des étapes du BPR par rapport à celles de la MRP générique proposée.	71
Tableau 16 : Synthèse des étapes de GRAI par rapport à celles de la MRP générique proposée.	72
Tableau 17 : Synthèse de l'analyse des méthodes de réorganisation étudiées	73
Tableau 18 : Synthèse des étapes de l'AV par rapport à celles de la MRP générique proposée	78
Tableau 19 : Synthèse des étapes des OMQ par rapport à celles de la MRP générique proposée.	79
Tableau 20 : Synthèse des étapes de la méthode PAPSA d'après Jaoui [50] par rapport à celles de la MRP générique proposée.	80
Tableau 21 : Synthèse des étapes de TRIZ par rapport à celles de la MRP générique proposée.	81
Tableau 22 : Synthèse de l'analyse des méthodes de conception de produits étudiées	82
Tableau 23 : Illustrations des similitudes de concepts sous tendus dans les différentes bases de données de TRIZ	99
Tableau 24 : Résultats obtenus par le croisement des paramètres modélisant les fonctions utiles et néfastes de la contradiction.	129
Tableau 25 : Relation volume horaire de la recherche de solutions / nombre de concepts identifiés	135

Tableau 26 : Résultats obtenus par le croisement des paramètres modélisant les fonctions utiles et néfastes de la contradiction.....	151
Tableau 27 : Résultats obtenus par le croisement des paramètres modélisant les fonctions utiles et néfastes de la contradiction.....	163
Tableau 28 : Dimensionnement du volume horaire d'une étude produit/procédé.....	175
Tableau 29 : Dimensionnement du volume horaire d'une étude processus.....	177
Tableau 30 : Modèles d'évolution.....	235
Tableau 31 – Fonctions utiles / fonctions néfastes.....	235
Tableau 32 : Matrice réduite : aspect « ressource matérielle ».....	237
Tableau 33 : Matrice réduite : aspect « flux ».....	237

Table des annexes

<u>ANNEXE 1.</u>	194
Annexe 1.1 : Lexique des outils de résolution de problèmes	195
<u>ANNEXE 2.</u>	201
Annexe 2.1 : Les S-Field ou vépoles	202
Annexe 2.2 : Algorithme de sélection des solutions standards	205
Annexe 2.3 : Les 76 solutions standards	206
Annexe 2.4 : Matrice des contradictions	210
Annexe 2.5 : Paramètres, principes, matrice des contradictions	212
Annexe 2.6 : La matrice	219
Annexe 2.7 : Les Contradictions Physiques et les Principes de Séparation	225
Annexe 2.8 : Matrice de consolidation des concepts de solution aux problèmes technologiques	227
Annexe 2.9 : Grille d'évaluation des solutions	227
Annexe 2.10 : Algorithme d'évaluation des solutions organisationnelles	230
<u>ANNEXE 3.</u>	231
Annexe 3.1 : Adaptabilité des outils classiques de TRIZ aux processus.	232
Annexe 3.2 : Caractérisation des modèles organisationnels au travers des paramètres de la matrice	235
Annexe 3.3 : Recoupement de l'analyse la liste des principes et concepts effectivement employés et des principes directement suggérés par la matrice	236
<u>ANNEXE 4.</u>	238
Annexe 4.1 : Guide d'utilisation du questionnaire pour l'analyse d'un problème technologique.	239
Annexe 4.2 : Guide de conduite de l'analyse du système et de son environnement en phase d'analyse du problème / Formulation orientée problèmes organisationnels.	245
<u>ANNEXE5 Expérimentation N°1 – Connecteur – Valéo – ex Syléa.</u>	253
Annexe 5.1 : Renseignement du questionnaire	254
Annexe 5.2 : Analyse Fonctionnelle	257
Annexe 5.3 : Concepts de solutions issus des séances de créativité	261
Annexe 5.4 : Le tableau de choix	270
<u>ANNEXE 6 Expérimentation N°2 – Processus de lancement des ordres de Fabrication - Cartonnages Guillaume.</u>	275
Annexe 6.1 : Compte rendu des entretiens effectués en juillet 2000 dans les Cartonneries Guillaume	276
Annexe 6.2 : Questionnaire d'analyse du problème d'ordonnement de l'atelier de fabrication automatique	284
Annexe 6.3 : Recommandations de IWB	289

Annexe 6.4 : Regroupement des concepts de solutions obtenus	292
<u>ANNEXE 7. Expérimentation N°3 – Processus de réalisation des pièces types pour installations de traitements thermiques – Mancelle de Fonderie.</u>	295
Annexe 7.1 : Analyse Fonctionnelle	296
Annexe 7.2 : Tableau de synthèse sur les ressources mises en jeu lors du processus	298
Annexe 7.3 : Tableau de synthèse sur étapes et problèmes associés au processus transversal	299
Annexe 7.4 : Flow Charts des processus fonctionnels composant le processus transversal de réalisation des pièces types	302
Annexe 7.5 : SADT DU processus de contrôle	306
Annexe 7.6 : Regroupement des concepts de solutions obtenus	307
Annexe 7.7 : Propositions présentées à la direction	313

Annexe 1.1 : Lexique des outils de résolution de problèmes

Approche analogique :

Se base sur un éloignement du problème par la recherche de ressemblances de situations avec des domaines différents. Après reformulation du sujet, l'animateur guide la recherche de phénomènes analogues étrangers au domaine connu. Le succès de cet outil repose pour partie sur la constitution du groupe qui ne doit pas être composé que d'experts. Le phénomène analogue est analysé et le mécanisme employé explicité. Des solutions analogiques sont alors recherchées puis transférées au sujet étudié. Le groupe comporte 4 à 8 personnes et les séances sont d'une durée qui varie de 1 à 3 heures.

Avocat de l'Ange :

Dans cet exercice il est demandé aux participants de défendre des idées embryonnaires. Il leur est demandé d'identifier les aspects positifs des suggestions émises après reformulation des idées ayant donné lieu à une validation par leurs auteurs.

Benchmarking :

Identifier des organisations réputées performantes dans le domaine considéré. Repérer dans ces organisations les convictions et principes qui expliquent ces niveaux de performance, s'en inspirer pour proposer de nouvelles solutions.

Brainstorming :

Séances de travail en groupe destinées à produire un maximum d'idées pour identifier les problèmes, rechercher des causes et proposer des solutions.

Carte Mentale :

Outil basé sur la logique associative. Un animateur fournit le concept à explorer en l'exprimant d'un mot. Le groupe cherche ensuite durant 5 à 15 minutes, par des associations libres, à l'exprimer sous d'autres mots.

Chronogramme :

Tableau de synthèse des activités d'un service permettant de représenter les contraintes d'antériorité des opérations.

Diagramme ACE :

Technique dynamique de visualisation des actions engagées et des résultats obtenus en temps réels. Elle utilise des diagrammes de Pareto et des graphiques positionnés sur un diagramme de cheminement. C'est une variante du diagramme cause- effets - méthode du processus.

Diagramme CEDAC :

Technique dynamique de visualisation des actions engagées et des résultats obtenus en temps réel. Elle utilise des fiches de faits et des fiches d'actions. C'est une variante du diagramme cause- effet.

Diagramme de décision :

Arborescence permettant de comparer plusieurs solutions qui sont mutuellement indépendantes en termes de résultats économiques. Il s'appuie sur la théorie des probabilités en statistique.

Diagramme de dispersion :

Graphique à points mettant en évidence la relation qui peut exister entre deux ensembles de données. Approche simplifiée de la droite de corrélation utilisée en statistique.

Diagramme d'Euler :

Ensemble de cercles mettant en évidence les points communs et les différences entre des paramètres triés à l'aide de critères les caractérisant.

Diagramme évènementiel :

Graphique à points permettant de mesurer les fluctuations d'un paramètre dans le temps en relation avec des événements apparus pendant la même période.

Diagramme fléché :

Technique d'ordonnement d'un ensemble de tâches à accomplir pour atteindre l'objectif visé dans le délai le plus court. C'est une variante simplifiée du PERT.

Diagramme des forces :

Technique de sélection des actions prioritaires à engager en fonction des causes identifiées. C'est une variante du diagramme causes - effets où chaque action est pondérée en fonction de son effet sur l'ensemble des causes.

Diagramme de Gantt :

Graphique en réseau permettant l'ordonnement d'un plan d'action dans le but d'atteindre l'objectif dans le délai le plus court.

Diagramme multi critères :

Matrice à deux entrées permettant de comparer les solutions proposées, à partir d'un ensemble de critères objectifs, et de retenir la solution qui présente le plus d'avantages.

Diagramme polaire :

Graphique en étoile dont chaque axe est utilisé pour visualiser les forces et faiblesses d'un des paramètres caractérisant le problème.

Diagramme de progrès :

Graphique à point indiquant la situation actuelle du problème faisant l'objet d'un travail de groupe par rapport à l'objectif visé. Il permet de suivre les progrès réalisés en fonction des actions engagées par un suivi périodique.

Diagramme de répartition des rôles :

Tableau mettant en relation chaque opération effectuée dans un processus fonctionnel en relation avec les acteurs qui les mènent.

Dossier d'étude des opportunités :

Document employé pour reformuler le besoin, les objectifs, le fonctionnement actuel du système étudié, les acteurs concernés, les contraintes (coût, délais, qualité...) associées.

Estimations pondérées :

Volumes et durées des activités effectuées par un opérateur connues obtenues par interviews des acteurs. Permet de diminuer le temps de recherche des données. Est également employé lorsque de fortes variations existent sur ces paramètres et que des observations limitées dans le temps fausseraient leur appréciation.

Fiche de bilan de projet :

Document dans lequel est chiffré l'ensemble des coûts et des gains inhérents au projet afin de dégager sa valeur ajoutée. Il est également utilisé pour vérifier l'atteinte des objectifs, de prendre du recul sur le projet et d'effectuer un retour d'expérience.

Fiche de définition de fonctions :

Recense les fonctions principales et secondaires afférentes à un poste de travail, indique les activités menées, les performances attendues, les autres postes en relation avec celui étudié, les délégations associées au poste (signatures, engagement de dépense...)

Fiche d'évaluation des charges :

Synthèse de l'ensemble des charges en jours/homme requises pour chaque étape du projet et les dates correspondantes.

Fiche d'expression des besoins :

Document employé pour formaliser les besoins et objectifs, rappelant le sujet concerné, les gains attendus, les contraintes et les risques pressentis. Soumise ensuite au client ou aux utilisateurs.

Fiche idée :

Document de synthèse destiné à recueillir les idées émises lors d'une séance de créativité, elle comporte les rubriques suivantes : titre de l'idée, sa description (mots, dessins, schémas...), avantages, inconvénients, obstacles (problèmes techniques, financiers...), moyens de réalisation, procédures de réalisation, personnes (internes et externes) à impliquer.

Fiche de relevé de décision :

La fiche de relevé de décision permet de statuer sur un problème particulier : événement faisant obstacle au bon déroulement du projet ou décision dépassant le périmètre de responsabilité du chef de projet.

Fiches de relevés de données ou Tableau d'auto pointage :

Imprimé préenregistré permettant de recueillir méthodiquement les informations nécessaires pour déterminer les causes réelles d'un problème ou pour mesurer l'efficacité de la solution mise en œuvre.

Flow-chart :

Représentation graphique d'un processus fonctionnel axée sur les flux d'information circulant entre les intervenants.

Fondamentaux d'audit :

Points clés dont la présence permet de vérifier la solidité, fiabilité de l'organisation ; séparation des fonctions de d'autorisation/contrôle/exécution/validation, fiabilité des informations, existence de manuels de procédures décrivant les modes opératoires et de régulation...

Inversion :

Cet exercice se base sur une inversion des objectifs. La première phase du travail de groupe consiste à reformuler le problème inversé. Ensuite, une séance de Brainstorming est menée pour rechercher les idées destinées à permettre l'obtention de ce résultat inverse à l'objectif initial. La dernière phase consiste à transférer la portée des solutions imaginées au problème réel. La durée des séances peut varier de 1 à 3 heures et la taille de groupes recommandée est située entre 4 et 8 membres.

Ishikawa/problème ou arbre des causes :

Arborescence visualisant le problème et ses causes potentielles. Les causes sont regroupées par famille autour des 5M : Main d'œuvre, Matériel, Matière, Méthode et milieu.

Ishikawa/processus :

Technique de visualisation des causes d'un problème à partir d'un diagramme de cheminement. Variante de l'Ishikawa problème.

Les types de risques :

Check-list des risques à évaluer : client/produit, marché, image commerciale, accident, délit, malversation, traitement des opérations, système d'information, sous-traitance, dépendance technologique, communication, études informatiques, traitements informatiques...

Logigramme :

Technique de visualisation des étapes clefs d'un processus décisionnel pour accomplir une activité répétitive. C'est une variante du diagramme de cheminement auquel une logique de décision a été ajoutée.

Matrice des découvertes :

Tableau à double entrée : besoins / moyens. Chaque case indique une relation entre les éléments placés en abscisse et en ordonnée. A chaque intersection la question posée est de savoir s'il existe déjà des solutions, et s'il en existe de plus pertinentes que celles exploitées. Un Brainstorming peut être utilisé pour enrichir ces réponses. Cet outil peut être employé individuellement ou en groupe.

Matrice de polyvalence :

Présente « qui sait faire quoi » dans une structure. Permet d'avoir une photographie des compétences des personnes d'une structure par rapport aux différentes activités de celles-ci.

Matrice de pondération :

Technique de sélection finale du problème que le groupe souhaite résoudre en premier, à partir des résultats d'un vote simple. Elle s'applique lorsque le nombre de problèmes présélectionnés n'excède pas 8. Chaque problème est comparé aux autres en terme d'importance relative.

Matrice des pouvoirs décisionnels :

Document de synthèse définissant le rôle de chaque acteur (Direction / service / interface) en termes de responsabilité directe ou indirecte et de participation au x activités majeures ayant un impact sur la qualité

Méthode des chaînons :

Outil destiné à définir une position optimale des postes de travail en terme de réduction de distance entre les postes en interactions.

Normes ergonomiques :

Elles permettent d'analyser les conditions de travail d'une équipe d'opérateurs en situation de travail.

Note de cadrage :

Document employé pour définir les origines du projet, les acteurs, services, processus concernés. Indique le périmètre du projet, les contraintes à prendre en compte, l'organisation du projet.

Purge :

Outil destiné à recueillir toutes les idées des membres d'un groupe sur un sujet. Il est exploité avant toute phase de production de nouvelles idées. La séance est précédée d'une présentation (orale et/ou écrite) du sujet. Mise en œuvre dans des séances courtes 10 à 20 minutes, chaque **participant** s'exprime à tour de rôle et ses idées sont notées. Au contraire du brainstorming le rôle de l'animateur est, notamment, d'empêcher les associations d'idées pour éviter une dispersion du groupe.

Observations instantanées :

Sondage centré sur l'utilisation du temps par une population de personnes. Ces observations permettent d'évaluer rapidement la proportion du temps consacré à chaque activité.

Ordinogramme :

Représentation simplifiée d'un processus complexe qui met en évidence les étapes de choix et les alternatives qu'elles offrent.

Organigramme du projet :

Document de formalisation des différents groupes et membres de ces groupes intervenant dans le fonctionnement du projet : comité directeur, comités de pilotage, chefs de projets, équipes projets, groupes de travail.

Pareto :

Graphique à colonnes classant les causes d'un problème en ordre décroissant, afin de mettre en évidence les causes principales du problème. Il s'appuie sur la loi des 80/20.

P.E.R.T.

Méthode de planification de projet, fondée sur l'analyse et l'optimisation des enchaînements chronologiques imposés entre les tâches à réaliser.

Plan de communication :

Ensemble cohérent d'actions et de supports de communication permettant au projet d'atteindre ses objectifs de changements en facilitant la compréhension du projet par tous, l'implication et la contribution des acteurs, l'acceptation et le maintien des conditions d'une contribution durable de la part de tous les acteurs.

QQOQCP :

Technique de recherche d'informations sur un problème et ses causes : Quoi, Qui, Où, Quand, Comment et Pourquoi. Elle peut être aussi utilisée pour bâtir le plan d'action de la solution proposée.

Rapport de projet :

Imprimé préenregistré permettant de décrire le projet en termes d'objectifs, de plan d'actions, de responsabilités et de mettre en évidence l'enjeu et le moyen de mesurer le résultat.

Révélation et analyse des problèmes :

Document utilisé pour recenser un problème, ses conséquences, causes et solutions.

Scénario :

L'exercice consiste en une description d'une situation considérée à son paroxysme (idéal ou catastrophique). La construction des scénarios est conduite par des petits groupes de 3 à 4 personnes effectuant ensuite une présentation au groupe élargi. Les idées émises sont ensuite traduites sous forme de propositions d'actions pour modifier l'existant.

Schéma :

Visualisation d'un ensemble de données sous une forme simple mettant en évidence un message. Le graphique peut prendre la forme d'un camembert, d'un diagramme à barres ou à colonne ou encore un tracé à l'aide de points sur un papier graphique.

Tableau d'analyse des aléas :

Document formalisant pour chaque étape du projet : les aléas possibles, leur probabilité d'apparition, leur gravité possible sur l'atteinte des objectifs, les actions préventives à mener, les actions curatives.

Tableau d'analyse du système de pilotage :

Tableau synthétisant pour un processus donné les objectifs de la direction, les prévisions de charges, les moyens de planification mis en place, les résultats des tableaux de bord de suivis des activités. Permet de mettre en relief les carences du système de pilotage.

Tableau d'analyse des tâches :

Tableau dans lequel toutes les opérations d'un processus sont recensées et attribuées à l'une des natures d'activités suivantes : transformation, contrôle, déplacement, classement et ou recherche d'un élément, attentes.

Tableau de bord :

Ensemble de mesure permettant le pilotage d'une activité ou d'un processus vers un objectif ou un niveau de performance.

Tableau de bord du projet :

Instrument de pilotage et outil d'animation du projet. Synthétise et planifie les allocations prévisionnelles et réalisées pour chaque étape du projet.

Tableau de chiffrage des fonctions :

Synthèse des résultats de l'analyse fonctionnelle, regroupe les fonctions, la répartition de leur coût par activité, la valeur attribuée par le client à chacune de ces activités.

Tableau d'évaluation des contrôles :

Destiné à l'évaluation de la qualité de service client, il comporte les rubriques suivantes : nature et conditions du contrôle, résultats chiffrés et graphiques.

Tableau de quantification des activités :

Formalisation des activités en nature, volume de temps et fréquence d'exécution réalisée au sein d'une unité (objectif ; comparer ces résultats à la valeur ajoutée créée et à la charge de travail traitable par le service).

Tableau de répartition des activités :

Présente « qui fait quoi » dans la structure, c'est une photographie de l'allocation des ressources de la structure par rapport aux activités.

Tableau de style de management :

Représente l'accord ou l'écart entre le mode de management appliqué et celui que l'individu requiert. Quatre types de management considérés et deux critères définissants le besoin : style directif (collaborateur ni compétent ni motivé), style persuasif (coll. non compétent mais motivé), style participatif (coll. compétent mais non motivé), style déléгатif (coll. compétent et motivé).

Votes :

Simple : Technique de présélection des problèmes à traiter suite à une séance de brainstorming. Chaque participant à la possibilité de choisir trois ou cinq sujets qu'il considère comme prioritaires.

Pondéré : Technique de sélection finale du problème que le groupe souhaite résoudre en premier, à partir des résultats d'un vote simple. Les sujets sont classés par ordre de priorité avec une pondération décroissante en fonction de leur classement.

ANNEXE 2.

<i>Annexe 2.1 : Les S-Field ou vépoles</i>	<u>202</u>
<i>Annexe 2.2 : Algorithme de sélection des solutions standards</i>	<u>205</u>
<i>Annexe 2.3 : Les 76 solutions standards</i>	<u>206</u>
<i>Annexe 2.4 : Matrice des contradictions</i>	<u>210</u>
<i>Annexe 2.5 : Paramètres, principes, matrice des contradictions</i>	<u>212</u>
<i>Annexe 2.6 : La matrice</i>	<u>219</u>
<i>Annexe 2.7 : Les Contradictions Physiques et les Principes de Séparation</i>	<u>225</u>
<i>Annexe 2.8 : Matrice de consolidation des concepts de solution aux problèmes technologiques</i>	<u>227</u>
<i>Annexe 2.9 : Grille d'évaluation des solutions</i>	<u>227</u>
<i>Annexe 2.10 : Algorithme d'évaluation des solutions organisationnelles</i>	<u>230</u>

Annexe 2.1 : Les S-Fields ou vépoles

➤ Source – Termes anglo-saxons :

Le mot S-Field est un mot composé : « S » est la première lettre du mot anglais Substance et « Field » signifie « champ ». Les S-Fields représentent l'ensemble de la matière et du temps. S-Field est en fait la traduction faite par les américains du mot russe Vépole qui est également un mot composé (« Ve » est la première syllabe du mot matière et « Pole » signifie champ)

➤ Synonymes :

On utilise également le terme Su-Field et celui de Vépole.

➤ Définition :

Les S-Fields sont des outils permettant de passer du problème spécifique à une catégorie de problèmes abstraits suivant la logique d'abstraction de la méthode Triz. Cette étape se situe après celle consistant à se familiariser avec le problème et à le documenter (éventuellement en suivant la démarche proposée par Ideation de réponse à un formulaire). L'utilisation des S-Fields va permettre de modéliser la zone du problème. L'algorithme de traitement qui est associé à cet outil permettra ensuite de définir les principes offrant la plus forte probabilité de fournir des concepts de solutions.

➤ But/Objectif :

Il s'agit d'un outil analytique de TRIZ destiné à modéliser les problèmes associés à des systèmes technologiques existants. N'importe quelle action dans n'importe quel domaine peut toujours être représentée comme un vépole.

Contrairement aux contradictions techniques et physiques, il n'est pas nécessaire d'avoir une contradiction dans le système pour utiliser cet outil.

Toutefois le mot « matière » doit être considéré dans un sens plus général qu'en physique. On peut considérer comme matière ou substance, soit une matière au sens physique usuel, soit un objet réalisé dans cette matière ou dans plusieurs matières. Ces deux substances sont également parfois nommées article et outil en fonction du lien de causalité qui les relie. L'outil désigne l'élément agissant et l'article correspond à la substance soumise à l'action de l'outil. Ce lien de causalité doit être rigoureusement défini en fonction de la problématique que l'on souhaite étudier. En effet, en fonction de celle-ci, le rapport peut varier.

Exemple : (extrait de l'article de Zusman et Zlotin, Enhancement of Ariz, Triz Journal, mars 1999)

Une fraise usine un morceau de métal
(outil) (action) (article)

Un morceau de métal use une fraise
(outil) (action) (article)

➤ Principe :

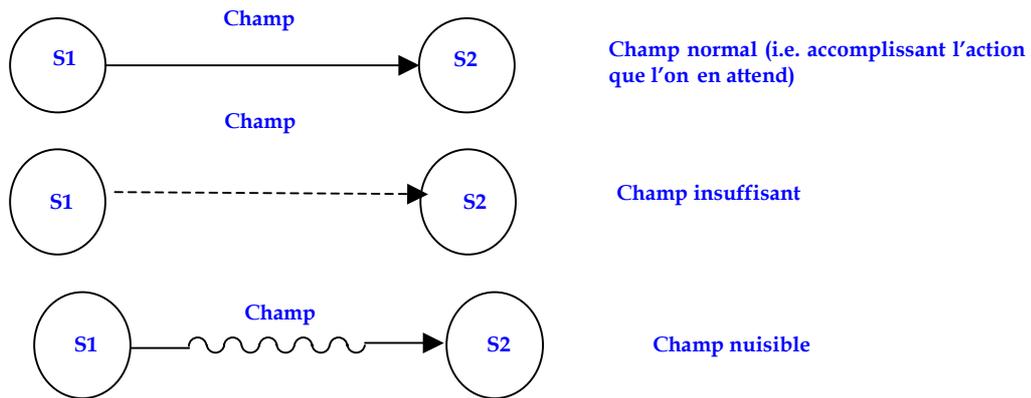
Schématisation générale :

Un S-Field est constitué au minimum de deux substances et d'un champ et est représenté selon le schéma suivant : (la schématisation présentée ici n'est pas universelle mais semble être la plus pratique)

S1 : Élément actif, source de champ (outil)

S2 : Élément passif, récepteur de champ (pièce)

La qualité du lien reliant les deux substances peut varier. Pour représenter cette variabilité, différents standards de représentation sont proposés :



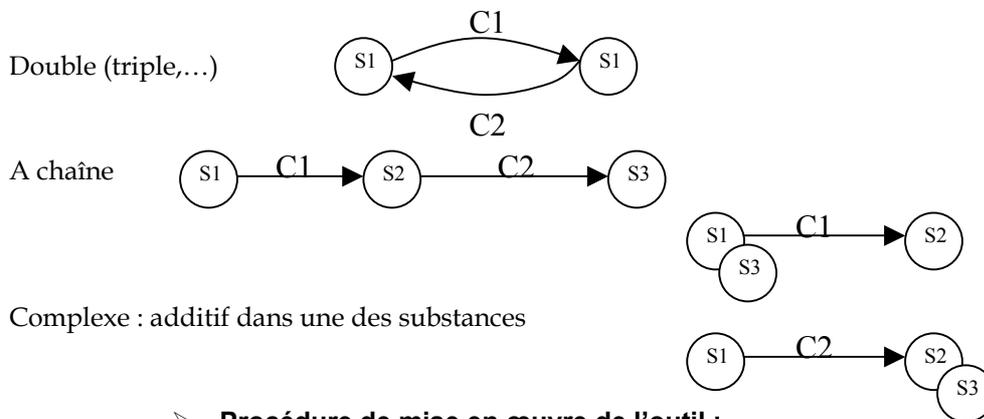
Cas particulier : les S-Fields de mesure :

S1 a toujours la capacité de mener une action mais au lieu d'agir sur une substance S2, c'est une mesure qui est issue de ce champ.

Classification des S-Fields

Celle-ci est menée en fonction de plusieurs critères :

- La quantité d'éléments :
 - Complet : au moins deux substances et un champ
 - Incomplet ne satisfait pas la définition ci-dessus
- La structure :



➤ Procédure de mise en œuvre de l'outil :

- Utiliser l'algorithme de traitement des S-Fields (cf. page suivante) afin d'identifier la classe à laquelle appartient le problème et d'identifier la famille de solutions standards susceptibles de résoudre ces défaillances.
- Rechercher des solutions.

Le S-Field étant un outil de modélisation destiné à conceptualiser la problématique étudiée, la résolution de cette dernière passe par la recherche d'un concept de solution à trouver dans une base de données regroupant 76 solutions standards.

- Les solutions standards :

Ceci n'est pas une notion très simple. Par leur utilisation, on peut obtenir des solutions auxquelles on ne s'attendait pas. Il s'agit de 76 types de transformation de S-Fields classés en cinq catégories. L'aboutissement à ces solutions standards se fait par l'intermédiaire de l'algorithme de traitement des S-Fields.

A ce stade, on peut remarquer l'apparition d'une notion nouvelle : Le fépole, il s'agit d'un S-Field où une des matières est présentée comme une matière ferromagnétique ou un champ magnétique.

Il s'agit par la suite de faire un brainstorming entre les intervenants TRIZ (il est important de ne pas faire participer des spécialistes du système étudié), pour passer des solutions standards à des voies de solutions spécifiques au problème.

➤ **Utilisation :**

N'importe quelle action (fonction) dans n'importe quel domaine peut être représenté sous forme de S-Field, même si le système ne comporte pas de contradiction.

➤ **Coût d'utilisation :**

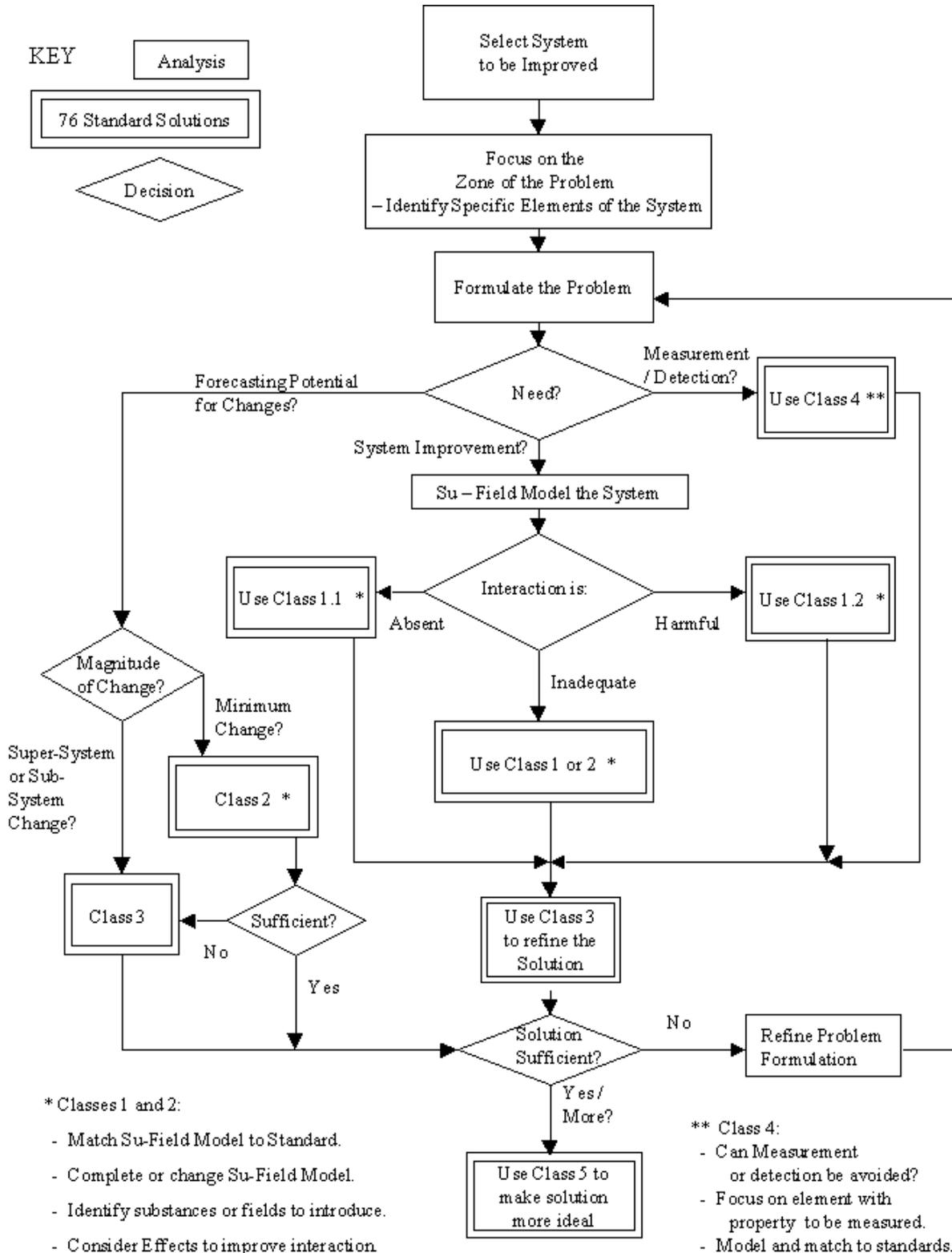
La modélisation et la recherche de solutions standards prend de 2 à 4h (après phase d'analyse du problème).

➤ **Evolution au cours du temps :**

Inconnue pour le moment

Annexe 2.2 : Algorithmes de sélection des solutions standards

Publié par Domb, Miller, Mac Gran & Terninko sous le titre *Using the 76 Standard Solutions: A case study for improving the world food supply*, rapport du TRIZCON2001, the Altshuller Institute, 2001.



Annexe 2.3 : Les 76 solutions standards

Tiré de l'article d'Ellen Domb, John Terninko et Joe Miller, The Seventy-Six Standard Solutions: How They Relate to the 40 Principles of Inventive Problem Solving, www.triz-journal.com, mai 1999.

Class 1. Modifying a system in order to have a desired outcome or to eliminate an undesired outcome. There are no changes or small changes to the system. This group includes the necessary solutions for completing an incomplete model (In Su-field terms, and incomplete model is one that does not have S_1 , S_2 , and F , or the force F is inadequate.)

1.1. Improving the performance of an inadequate system.

- 1.1.1. Complete an incomplete model.
- 1.1.2. The system cannot be changed but a permanent or temporary additive is acceptable. Incorporate an internal additive in either S_1 or S_2 .
- 1.1.3. As in 1.1.2, but use a permanent or temporary external additive S_3 to change either S_1 or S_2 .
- 1.1.4. As in 1.1.2, but use a resource from the environment as the additive, either internally or externally.
- 1.1.5. As in 1.1.2, but modify or change the environment of the system.
- 1.1.6. Precise control of small amounts is difficult to achieve. Control small quantities by applying and removing a surplus.
- 1.1.7. If a moderate field can be applied which is insufficient for the desired effect, and a greater field will damage the system, the larger magnitude field can be applied to another element which can be linked to the original. Likewise, a substance that cannot take the full action directly but can achieve the desired effect through linkage to another substance.
- 1.1.8. A pattern of large/strong and small/weak effects is required. The locations requiring the smaller effects can be protected by a substance S_3 .

1.2. Eliminating or neutralising harmful effects.

- 1.2.1. Useful and harmful effects exist in the current design. It is not necessary for S_1 and S_2 to be in direct contact. Remove the harmful effect by introducing S_3 .
- 1.2.2. Similar to 1.2.1., but new substances cannot be added. Remove the harmful effect by modifying S_1 or S_2 . This solution includes adding “nothing”—voids, hollows, vacuum, air, bubbles, foam, etc., or adding a field that acts like an additional substance.
- 1.2.3. The harmful action is caused by a field. Introduce an element S_3 to absorb the harmful effects.
- 1.2.4. Useful and harmful effects exist in a system in which the elements S_1 and S_2 must be in contact. Counteract the harmful effect of F_1 by having F_2 neutralize the harmful effect or gain an additional useful effect.
- 1.2.5. A harmful effect may exist because of magnetic properties of an element in a system. The effect can be removed by heating the magnetic substance above its Curie point, or by introducing an opposite magnetic field.

Class 2. Developing the Substance-Field System.

2.1. Transition to the Complex Su-Field Models.

- 2.1.1. Chain Su-Field Model: Convert the single model to a chained model by having S_2 with F_1 applied to S_3 which in turn applies F_2 to S_1 . The sequence of two models can be independently controlled.
- 2.1.2. Double Su-Field Model: A poorly controlled system needs to be improved but you may not change the elements to the existing system. A second field can be applied to S_2 .

2.2. Forcing the Su-Field Models.

- 2.2.1. Replace or add to the poorly controlled field with a more easily controlled field. Going from a gravitational field to a mechanical provides more control as does going from mechanical means to electrical or mechanical to magnetic. This is one of the patterns of evolution of going from mechanical action to fields.
- 2.2.2. Change S_2 from a macro level to a micro level, i.e., instead of a rock consider particles. This standard is actually the pattern of evolution from a macro- to micro-level.
- 2.2.3. Change S_2 to a porous or capillary material which will allow gas or liquid to pass through.
- 2.2.4. Make the system more flexible or adaptable; becoming more dynamic is another pattern of evolution. The common transition is from a solid to a hinged system to continuous flexible systems.
- 2.2.5. Change an uncontrolled field to a field with predetermined patterns which may be permanent or temporary.
- 2.2.6. Change a uniform substance or uncontrolled substance to a non-uniform substance with a predetermined spatial structure which may be permanent or temporary

2.3. Controlling the frequency to match or mismatch the natural frequency of one or both elements to improve performance.

- 2.3.1. Matching or mismatching the frequency of F and S_1 or S_2 .
- 2.3.2. Matching the rhythms of F_1 and F_2 .
- 2.3.3. Two Incompatible or independent actions can be accomplished by running each during the down time of the other.

2.4. Integrating ferromagnetic material and magnetic fields is an effective way to improve the performance of a system. In Su-field models, the magnetic field due to a ferromagnetic material is given the special designation Fe-field, or F_{fe} .

- 2.4.1. Add ferromagnetic material and/or a magnetic field to the system.
- 2.4.2. Combine 2.2.1 (going to more controlled fields) and 2.4.1 (using ferromagnetic materials and magnetic fields).
- 2.4.3. Use a magnetic liquid. Magnetic liquids are a special case of 2.4.2. Magnetic liquids are colloidal ferromagnetic particles suspended in kerosene, silicone or water.
- 2.4.4. Use capillary structures to contain magnetic particles or liquid.
- 2.4.5. Use additives (such as a coating) to give a non-magnetic object magnetic properties. May be temporary or permanent.
- 2.4.6. Introduce ferromagnetic materials into the environment, if it is not possible to make the object magnetic.
- 2.4.7. Use natural phenomena (such as alignment of objects with the field, or loss of ferromagnetism above the Curie point.)
- 2.4.8. Use a dynamic, variable, or self-adjusting magnetic field.

- 2.4.9. Modify the structure of a material by introducing ferromagnetic particles, then apply a magnetic field to move the particles.
- 2.4.10. Matching the rhythms in the Fe-field models. In macro-systems, this is the use of mechanical vibration to enhance the motion of ferromagnetic particles. At the molecular and atomic levels, material composition can be identified by the spectrum of the resonance frequency of electrons in response to changing frequencies of a magnetic field.
- 2.4.11. Use electric current to create magnetic fields, instead of using magnetic particles.
- 2.4.12. Rheological liquids have viscosity controlled by an electric field. They can be used in combination with any of the methods here. They can mimic liquid/solid phase transitions.

Class 3. System Transitions.

3.1. Transition to the Bi- and Poly-Systems.

- 3.1.1. System Transition 1a: Creating the Bi- and Poly-Systems.
- 3.1.2. Improving Links in the Bi- and Poly-Systems.
- 3.1.3. System Transition 1b: Increasing the Differences Between Elements.
- 3.1.4. Simplification of the Bi- and Poly-Systems.
- 3.1.5. System Transition 1c: Opposite Features of the Whole and Parts.

3.2. Transition to the Micro-Level.

- 3.2.1. System Transition 2: Transition to the Micro-Level

Class 4. Detecting and Measuring.

4.1. Indirect Methods.

- 4.1.1. Modifying the Systems Instead of Detecting and Measuring.
- 4.1.2. Applying the Copies.
- 4.1.3. Measurement as Two Consecutive Detections Instead of Continuous Measurement.

4.2. Synthesis of Measuring Systems.

- 4.2.1. 'Measuring' Su-Field Model.
- 4.2.2. Combined 'Measuring' Su-Field Model.
- 4.2.3. 'Measuring' Su-Field Model with the Environment.
- 4.2.4. Obtaining Additives in the Environment

4.3. Forcing the Measuring Su-Field Models.

- 4.3.1. Applying the Natural Phenomena.
- 4.3.2. Applying the Resonance Oscillations of the Tested Object.
- 4.3.3. Applying the Resonance Oscillations of the Joined Object

4.4. Transition to the Ferro-Field Systems.

- 4.4.1. 'Measuring Initial Ferro-Field Model'.
- 4.4.2. 'Measuring' Ferro-Field Model.
- 4.4.3. Combined 'Measuring' Ferro-Field Model.
- 4.4.4. 'Measuring' Ferro-Field Model with the Environment.
- 4.4.5. Applying the Natural Phenomena

4.5. Direction of Evolution of the Measuring Systems.

- 4.5.1. Transition to the Bi- and Poly-Systems.
- 4.5.2. Direction of Evolution.

Class 5. Standards on Applying the Standard Solutions.

5.1. Introducing the Substances.

- 5.1.1. Indirect Ways
 - 5.1.1.1. Applying the 'emptiness' instead of the substance.
 - 5.1.1.2. Implementing the field instead of the substance.
 - 5.1.1.3. Applying the external additive instead of the internal one.
 - 5.1.1.4. Implementing small amount of very active additive.
 - 5.1.1.5. Implementing small amount of usual additive placing it locally.
 - 5.1.1.6. Implementing the additive temporarily.
 - 5.1.1.7. Applying the copy or model of object which allows implementing the additives instead of the object.
 - 5.1.1.8. Obtaining required additive from implemented chemicals.
 - 5.1.1.9. Obtaining required additive by decomposition of either environment or the object itself by, for example, electrolysis or modifying the phase state.
- 5.1.2. 'Bifurcation' of the Substance.
- 5.1.3. Self-Elimination of the Exhaust Substances.
- 5.1.4. Introducing a Lot of Substance.

5.2. Introducing the Fields.

- 5.2.1. Applying the Fields Pluralistically.
- 5.2.2. Introducing the Fields from the Environment.
- 5.2.3. Utilising Substances Able to Be Sources of Fields

5.3. Phase Transitions.

- 5.3.1. Phase Transition 1: Substituting the Phases.
- 5.3.2. Phase Transition 2: Dual Phase State.
- 5.3.3. Phase Transition 3: Utilising the Accompanying Phenomena.
- 5.3.4. Phase Transition 4: Transition to the Two-Phase State.
- 5.3.5. Interaction of the Phases.

5.4. The Peculiarities of Applying the Natural Phenomena.

- 5.4.1. Self-controlled Transitions.
- 5.4.2. Strengthening the Output Field.

5.5. Experimental Standard Solutions.

- 5.5.1. Obtaining the Substance Particles by Decomposition.
- 5.5.2. Obtaining the Substance Particles by joining.
- 5.5.3. Applying the Standard Solutions 5.5.1 and 5.5.2.

Annexe 2.4 : Matrice des contradictions

➤ Source – Termes anglo-saxons :

Etude de brevets par l'équipe d'Altshuller.

On le traduit par Contradiction Matrix, Contradiction Table ou Altshuller's Matrix.

➤ Synonymes.:

On l'appelle aussi Matrice d'Altshuller ou table des contradictions.

➤ Définition.:

Au cours de son étude des brevets Altshuller a mis en évidence qu'une large part des problèmes qu'ont à traiter les inventeurs, pour la conception ou l'amélioration d'un système technologique, sont liés à l'existence au sein de ces systèmes de contradictions techniques. Ce qu'Altshuller nomme ainsi désigne une situation dans laquelle la recherche d'optimisation d'une fonction, ou caractéristique, remplie par le système est systématiquement entravée ou dégradée par une autre fonction, ou caractéristique de ce système.

La démarche classique, face à une telle situation, consiste à rechercher un compromis qui ne peut d'aucune façon conduire le système en question à une optimisation globale. Le travail qu'il a mené avec son équipe sur l'analyse de brevet a consisté à rechercher dans différents domaines (Mécanique, Chimie, etc.) les paramètres récurrents en opposition que tentaient de résoudre les inventeurs, et les grands principes, également récurrents, qui avaient été employés pour apporter une solution réelle qui ne soit pas un compromis.

Parallèlement à l'identification de ces caractéristiques technologiques, l'analyse des brevets a également conduit l'équipe de chercheurs à définir des « modèles » d'évolution des systèmes (nommés Lois d'Evolution). Ces modèles, constitués chacun d'une succession de séquences comprenant notamment certaines caractéristiques technologiques évoquées précédemment, intègrent également des dimensions plus « universelles ». Ces aspects, extraits des lois d'évolution donc, sont venus compléter la base des principes proposés en tant que concepts de solutions.

De cette analyse, il a identifié 39 paramètres (annexe 2.5) constituant dans ce domaine les facteurs les plus souvent sources de conflit et pour lesquels 40 principes (Annexe 2.5) de concepts de solutions ont pu être mis en regard. La synthèse de ces informations constitue la matrice des contradictions.

La matrice se présente donc sous la forme d'une matrice 39*39 avec à chaque intersection de 0 à 4 principes de résolution du conflit.

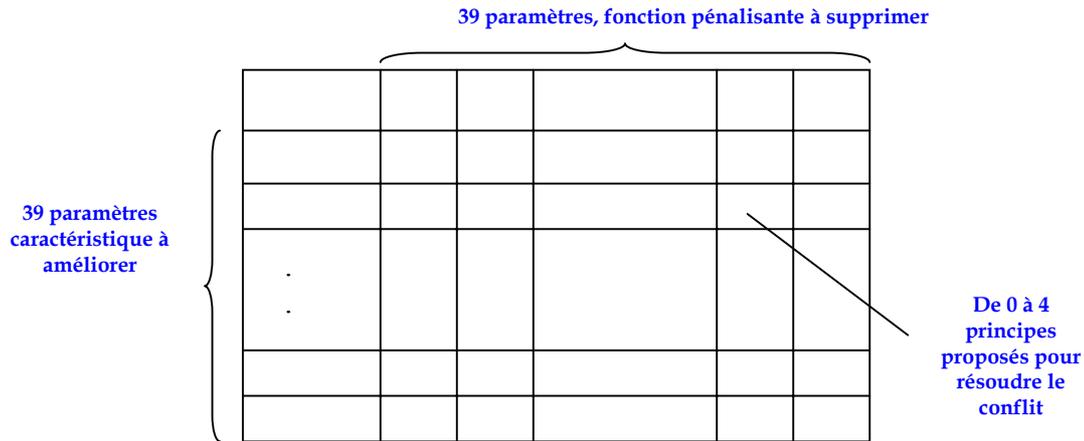
(voir fiche outil sur les contradictions)

➤ But/Objectif.:

Le but de l'utilisation de la matrice est de résoudre un conflit de paramètres, sans acceptation d'un compromis, en utilisant des principes de résolution tirés de l'étude des brevets. Elle permet d'effectuer le passage de la catégorie du problème abstrait, modélisé grâce à la retranscription du problème spécifique au travers des 39 paramètres, à celle des concepts de solutions (40 principes). On peut considérer son utilisation comme l'une des plus aisées de TRIZ. En fait, il faut garder à l'esprit que les principes auxquels elle renvoie, jouent essentiellement un rôle d'inducteurs destinés à ouvrir l'esprit des chercheurs sur des voies de solutions qu'ils n'avaient pu envisager car ayant été mis en œuvre dans des domaines scientifiques étrangers à leurs connaissances et compétences personnelles (voir le principe de l'inertie psychologique).

➤ Principe.:

On choisit un paramètre à améliorer et un à supprimer, dans l'intersection de la matrice on trouve de 0 à 4 principes, classés selon une probabilité décroissante de l'efficacité des concepts de solution qu'ils apportent :



➤ **Procédure de mise en œuvre de l'outil :**

Sur la base du problème identifié, on recherche parmi les 39 paramètres proposés ceux permettant d'exprimer les caractéristiques ou états en conflit dans le cas étudié. Le choix des caractéristiques décrivant le problème ne se restreint pas à deux grandeurs. L'utilisateur est, au contraire, encouragé à essayer plusieurs voies, afin d'ouvrir le plus de pistes possibles. Dans chaque intersection, on recense les principes proposés. On étudie ensuite tous les principes en commençant par celui qui est présent dans le plus grand nombre d'intersections. Chacun de ces principes peut être à l'origine d'idées de solutions pour le problème étudié. Ces idées peuvent ensuite être combinées ou simplement hiérarchisées en fonction de leur pertinence à répondre aux contradictions particulières du problème posé.

Il s'agit par la suite de faire un brainstorming entre les intervenants du projet, pour passer des principes à des voies de solutions spécifiques au problème.

➤ **Utilisation :**

La matrice est utilisée pour la résolution de contradictions techniques préalablement formulée pouvant être traduites en conflits entre deux paramètres de la liste.

➤ **Coût d'utilisation :**

De une à deux heures (analyse du problème ayant été menée auparavant).

➤ **Évolution au cours du temps :**

Pour l'instant il existe une seule matrice 39*39 et 40 principes à notre connaissance. Une matrice plus grande serait trop difficile à utiliser manuellement. Mais des études sont en cours pour augmenter le nombre de paramètres et de principes en fonction des brevets déposés depuis l'étude d'Altshuller (cf. Article sur QFD/FA/TRIZ sur le site www.ideationtriz.com). Il est à noter que pour certains auteurs, l'ancienneté de la table actualisée ainsi que la restriction des domaines étudiés pour la concevoir, font qu'aujourd'hui elle n'offrirait une possibilité de solutionnement que pour 40% des problèmes traités. C'est l'utilisation de l'outil informatique qui permet d'utiliser une matrice ayant plus de paramètres et de principes.

Annexe 2.5 : Paramètres, principes, matrice des contradictions

Les 39 paramètres.

1. Masse de l'objet mobile
2. Masse de l'objet immobile
3. Dimension de l'objet mobile
4. Dimension de l'objet immobile
5. Surface de l'objet mobile
6. Surface de l'objet immobile
7. Volume de l'objet mobile
8. Volume de l'objet immobile
9. Vitesse
10. Force
11. Tension, pression
12. Forme
13. Stabilité de l'objet
14. Résistance
15. Durabilité de l'objet mobile
16. Durabilité de l'objet immobile
17. Température
18. Brillance
19. Energie dépensée par l'objet mobile
20. Energie dépensée par l'objet immobile
21. Puissance
22. Perte d'énergie
23. Perte de substance
24. Perte d'information
25. Perte de temps
26. Quantité de substance
27. Fiabilité
28. Précision de mesurage
29. Précision de fabrication
30. Facteurs nuisibles externes
31. Facteurs nuisibles induits
32. Facilité de fabrication
33. Facilité d'usage
34. Maintenabilité
35. Adaptabilité
36. Complexité de l'objet
37. Complexité de pilotage
38. Degré d'autonomie
39. Productivité

Les principes de solutions.

1. Segmentation
2. Extraction
3. Qualité locale
4. Asymétrie
5. Combinaison
6. Universalité
7. Insertion
8. Contrepoids
9. Compensation anticipée
10. Action anticipée
11. Filet de sécurité
12. Equipotentiel
13. Inversion
14. Sphéroïdalité
15. Dynamisation
16. Action partielle ou super action
17. Déplacement dans une nouvelle dimension
18. Vibration mécanique
19. Action périodique
20. Continuité d'une action utile
21. Action à grande vitesse
22. Conversion d'un mal en bien
23. Rétroaction
24. Intermédiaire
25. Self-service
26. Copie
27. Objet jetable et non durable
28. Remplacement d'un système mécanique
29. Fluides
30. Membranes flexibles ou films minces
31. Utilisation de matériaux poreux
32. Changement des propriétés optiques
33. Homogénéisation
34. Parties supprimées ou renouvelées
35. Transformation des états physique ou chimique d'un objet
36. Transformation de phases
37. Dilatation thermique
38. Utilisation d'oxydants puissants
39. Environnement inerte
40. Matériaux composites

Les quarante principes

1) Segmentation

- a) Diviser un objet en plusieurs parties indépendantes.
- b) Rendre un objet fractionnable.
- c) Augmenter le nombre de divisions (parties indépendantes) d'un objet.

Exemples :

- composants modulables d'un ordinateur, mobilier fractionnable.
- des tondeuses mises côte à côte pour tondre une pelouse. Le nombre de tondeuses étant fixé par le besoin.

2) Extraction

- a) Extraire (déplacer ou séparer) une partie conflictuelle ou la propriété d'un objet, ou
- b) Extraire uniquement la partie nécessaire de la propriété recherchée.

Exemple :

- Pour faire fuir les oiseaux d'un aéroport, on utilise un magnétophone qui reproduit un son les effrayant. (le son est ainsi séparé des oiseaux).

3) Changement de qualité locale

- a) Transformer la structure homogène d'un objet ou de l'environnement en une structure hétérogène.
- b) Faire que les différentes parties d'un objet réalisent différentes fonctions.
- c) Placer chaque partie de l'objet dans les meilleures conditions pour réaliser une opération.

Exemples :

- Pour combattre la poussière dans les mines de charbon, une fine buée canalisée dans une forme conique est appliquée sur les parties actives des foreuses. Plus les gouttelettes sont petites, plus la poussière est combattue, mais la buée empêche de travailler. La solution est de développer une couche de buée autour du cône.
- Un crayon et un effaceur dans la même unité.

4) Asymétrie

- a) Remplacer une forme symétrique par une forme asymétrique.
- b) Si un objet est déjà asymétrique, augmenter le degré d'asymétrie.

Exemples :

- Faire une des faces du pneu plus dure que l'autre pour résister aux impacts dans les courbes.
- Lorsque l'on décharge du sable humide dans un entonnoir symétrique, il se forme une sorte de tore à l'entrée, causant un flux irrégulier. Si on utilise un entonnoir asymétrique, on élimine cet effet.

5) Combinaison

- a) Combiner dans l'espace des objets homogènes ou des objets destinés à réaliser des opérations contiguës.
- b) Combiner dans le même temps des opérations contiguës et homogènes.

Exemple :

- La partie active d'un excavateur rotatif possède des jets spéciaux de vapeur pour dégeler le sol.

6) Universalité

Faire remplir plusieurs fonctions à un objet, dans le but d'éliminer le besoin d'un autre.

Exemples :

- Les canapés-lits "Clic-clacs".
- Les sièges de mini-van qui permettent de s'asseoir, dormir ou transporter des marchandises.

7) Insertion

- a) Placer un objet dans un autre qui est lui-même contenu dans un troisième.
- b) Placer un objet dans la cavité d'un autre.

Exemples :

- Antenne télescopique.
- Les chaises qui s'emboîtent les unes dans les autres pour leur stockage.

8) Faire contrepoids

- a) Compenser le poids d'un objet en l'associant à un autre qui possède une force ascendante.

b) Compenser le poids d'un objet par l'interaction avec un environnement qui possède des forces hydrodynamiques ou aérodynamiques.

Exemples :

- Bateau avec des hydrofoils.

- Ailerons arrières des voitures de course qui augmentent la pression de la voiture sur le sol.

9) Compensation anticipée

a) Prévoir une contre-action.

b) Si l'objet est (ou sera) sous tension, prévoir une anti-tension à l'avance.

Exemples :

- Renforcer le sol ou

- Renforcer une canalisation avec des tuyaux qui ont été précontraints en torsion.

10) Action anticipée

a) Prévoir tout ou une partie de l'action requise à l'avance.

b) Arranger les objets pour qu'ils puissent agir dans un temps ou une position convenable.

Exemple :

- Sur les cutters, il y a plusieurs rainures qui permettent, en cassant la lame, d'obtenir un nouveau tranchant en bon état.

11) « Prendre ses précautions »

Compenser la fiabilité relativement faible d'un objet par des contre-mesures faites à l'avance.

Exemple :

- Les marchandises qui sont magnétisées contre le vol.

12) Equipotentialité

Changer les conditions de travail pour que l'objet n'ait pas besoin d'être éliminé.

Exemple :

- L'huile des moteurs est vidée dans une fosse pour éviter l'achat de matériel de levage.

13) Inversion

a) Au lieu d'une action dédiée à une spécification du problème, implanter une action opposée.

b) Rendre fixe la partie mobile d'un objet et la partie fixe mobile.

c) Mettre l'objet à l'envers.

Exemple :

- Le nettoyage est réalisé en faisant vibrer les pièces sales plutôt que la partie abrasive.

14) Sphéroïdalité

a) Remplacer les parties linéaires ou plates par des parties courbes. Remplacer les formes cubiques par des formes sphériques.

b) Utiliser des rouleaux ou des billes.

c) Remplacer un mouvement linéaire par un mouvement rotatif. Utiliser la force centrifuge.

Exemple :

- La souris d'un ordinateur utilise une boule pour transmettre les mouvements linéaires suivant deux axes.

15) Dynamiser

a) Faire qu'un objet ou son environnement s'ajuste de façon optimum à chaque stade de l'opération.

b) Diviser un objet en éléments qui peuvent changer de position les uns par rapport aux autres.

c) Si un objet est immobile, le rendre mobile ou interchangeable.

Exemple :

- Un flash avec un flexible articulé entre le corps et la lampe.

16) Action partielle ou super action

S'il est difficile d'obtenir 100% de l'effet désiré, augmenter ou réduire un élément pour simplifier le problème de façon très significative.

Exemple :

- Un cylindre est peint en le plongeant dans un bain, mais il est recouvert de façon trop importante de cette dernière. L'excès de peinture est alors enlevé en faisant tourner rapidement le cylindre sur lui-même.

17) Se déplacer dans une autre dimension

- a) Résoudre le problème en déplaçant un objet.
- b) Utiliser un assemblage multiple couche au lieu d'une simple couche.
- c) Incliner un objet ou le retourner.

Exemple :

- Une serre qui possède un miroir concave sur sa face nord, reflète ainsi de lumière du soleil sur toute cette surface.

18) Vibrations

- a) Faire vibrer un objet.
- b) Si des vibrations existent, augmenter leurs fréquences, même si l'on doit aller jusqu'au subsonique.
- c) Utiliser la fréquence de résonance.
- d) Au lieu de vibrations mécaniques, utiliser des vibreurs piézométriques.
- e) Utiliser des vibrations supersoniques ainsi qu'un champ électromagnétique.

Exemples :

- Pour ôter un plâtre du corps d'une personne sans blesser la peau, une scie à main conventionnelle est remplacée par un couteau vibrant.

- Faire vibrer un moule pendant la coulée pour augmenter la coulabilité et les propriétés structurales.

19) Action périodique

- a) Remplacer une action continue par une action périodique.
- b) Si une action est déjà périodique, changer sa fréquence.

Exemples :

- Casser des noix en utilisant des à-coups plutôt qu'une force continue.

- Une lampe qui envoie des flashes se remarque plus qu'un objet qui éclaire en permanence.

20) Continuité de l'action utile

- a) Maintenir une action continue (c'est-à-dire sans pause), lorsque toutes les parties d'un objet travaillent à pleine capacité.
- b) Supprimer les mouvements intermédiaires ou au repos.

Exemples :

- Un foret dont les parties coupantes permettent d'usiner dans les deux sens de rotation.

21) Action à grande vitesse

Réaliser les opérations incertaines à grande vitesse.

Exemple :

- Couper des tubes plastiques à parois fines pendant un temps très court et à grande vitesse (i.e. avant que le tube n'ait la possibilité de se déformer).

22) Transformer une perte en gain

- a) Utiliser un facteur désavantageux ou des effets dus à l'environnement pour obtenir un effet positif.
- b) Supprimer un facteur désavantageux en le combinant à un autre.
- c) Augmenter l'effet désavantageux pour qu'il cesse de l'être.

Exemples :

- Du sable ou des graviers gelés qui sont transportés dans un climat froid. La surcongélation (en utilisant du dioxyde d'azote) rend la glace très cassante et permet ainsi de la réduire en poudre.

- En utilisant le courant haute fréquence pour chauffer le métal, seule la couche extérieure est chaude. Cet effet négatif a plus tard été utilisé pour le traitement de surface.

23) « Feedback »

- a) Introduire une rétroaction.
- b) Si elle existe déjà, la retourner.

Exemples :

- La pression de l'eau d'un puits est maintenue en mesurant la pression de sortie et en mettant en marche la pompe si la pression est trop basse.

- La glace et l'eau sont pesées séparément mais doivent être combinées pour totaliser une masse spécifique. Comme la glace est difficile à prélever précisément, elle est pesée en premier. La masse de glace est alors envoyée à l'appareil de contrôle de l'eau qui distribue le besoin restant.

24) Intermédiaire

- a) Utiliser un objet intermédiaire pour transférer ou réaliser une action.
- b) Connectez de façon temporaire un objet à un autre qui peut être facilement débranché.

Exemple :

- Pour réduire la perte d'énergie lorsque l'on applique du courant à un métal liquide, on utilise des électrodes refroidies et un métal liquide intermédiaire (ayant une température de mélange plus basse).

25) Self service.

- a) Rendre l'objet utile à lui-même, capable de mener des actions supplémentaires et de réparer des actions.
- b) Utiliser de la matière ou de l'énergie perdue.

Exemples :

- Pour prévenir l'usure d'un distributeur de matériau abrasif, sa surface est réalisée dans ce matériau.

- Dans un pistolet électrique de soudage, l'électrode est avancée par un mécanisme spécial. Pour simplifier le système, l'électrode est avancée par un solénoïde contrôlé par le courant de soudage.

26) Utiliser une image

- a) Utiliser une copie simple et peu chère au lieu d'un objet complexe, cher, fragile et difficile à manipuler.
- b) Remplacer un objet par sa copie optique ou son image. Une échelle peut être utilisée pour réduire ou augmenter l'image.
- c) Si des copies optiques visibles sont utilisées, les remplacer par des copies infrarouges ou ultraviolettes.

Exemple :

- La hauteur de grands objets peut être déterminée en mesurant leur image.

27) Penser jetable

Remplacer un objet coûteux par une multitude d'objets peu coûteux, gardant les mêmes propriétés.

Exemple :

- Les couches jetables.

28) Remplacer le système mécanique

- a) Remplacer un système mécanique par un système optique, acoustique ou olfactif.
- b) Utiliser un champ électrique, magnétique ou électromagnétique pour interférer avec l'objet.
- c) Remplacer les champs:
 - Champs stationnaires en champs mobiles
 - Champs fixes en champs variables dans le temps.
 - Champs aléatoires en champs structurés.
- d) Utiliser un champ et des particules ferromagnétiques.

Exemple :

- Pour augmenter le lien entre une couche métallique et un matériau thermoplastique, l'opération est réalisée dans un champ électromagnétique qui exerce des forces sur le métal.

29) Utiliser des fluides

Remplacer une partie solide d'un objet par un gaz ou un liquide. Ces parties peuvent contenir de l'air ou de l'eau pour augmenter leur volume, en utilisant par exemple des coussins d'air ou des coussins hydrostatiques.

Exemple:

- Pour transporter des objets fragiles, on utilise des bulles d'air ou de la mousse.

30) Utiliser des films flexibles

- a) Remplacer les constructions habituelles par celles réalisées à partir de films ou de membranes flexibles.
- b) Isoler un objet de son environnement en utilisant des membranes flexibles ou des films.

Exemple :

- Pour éviter l'évaporation de l'eau au niveau des racines d'une plante, on a appliqué un spray de polyéthylène. Au bout de quelques temps, le polyéthylène s'est durci et les plantes ont grandi de façon significative car le film laissait passer plus facilement l'oxygène que la vapeur d'eau.

31) Matériaux poreux

- a) Rendre un objet poreux ou ajouter des éléments poreux.
- b) Si l'objet est déjà poreux, remplir les pores à l'avance avec une substance.

Exemple :

- Pour éviter de pomper du liquide de refroidissement d'une machine, certaines de ces parties sont remplies de matériaux poreux plongés dans le liquide de refroidissement. Le liquide s'évapore lorsque la machine travaille, permettant un refroidissement uniforme.

32) Changer les propriétés optiques

- a) Changer la couleur d'un objet ou son environnement.
- b) Changer le degré de transparence d'un objet et d'un processus difficiles à voir.
- c) Utiliser des colorants pour observer des objets ou des processus.
- d) Si ces colorants sont déjà utilisés, employer des traceurs luminescents.

Exemple :

- Un bandage transparent permettant d'observer l'évolution d'une blessure.

33) Homogénéiser

Faire que des objets interférant entre eux soient fabriqués dans le même matériau ou dans des matériaux aux comportements proches.

Exemple :

- La surface d'un distributeur de grains abrasifs est réalisée dans le même matériau que celui qui les fait avancer, permettant ainsi la restauration de la surface.

34) Penser éjectable ou régénérable

- a) Après avoir rempli sa fonction, évacuer ou modifier (c'est-à-dire dissoudre, évaporer ...) un élément d'un objet.
- b) Restaurer immédiatement toute partie d'un objet qui est fatigué ou usé.

Exemples :

- La douille est éjectée après un coup de feu.

- Les boosters sont séparés de la fusée après leur utilisation.

35) Transformation des états physiques ou chimiques

Changer l'état global, la distribution de densité, le degré de flexibilité ou la température d'un objet.

Exemple :

- Dans un système broyant des matériaux friables, la surface de l'hélice est faite dans un matériau élastique avec deux ressorts hélicoïdaux. Pour contrôler le processus, le pas de la vis peut être changé à distance.

36) Transition de phase

Réaliser une action durant le changement de phase d'une substance. Par exemple, pendant le changement de volume, libérer ou absorber de la chaleur.

Exemple :

- Pour contrôler l'expansion de tuyaux nervurés, ils sont remplis d'eau et refroidis en dessous de zéro degré.

37) Expansion thermique

- a) Utiliser un matériau qui se dilate ou se contracte avec la chaleur.
- b) Utiliser des matériaux avec des coefficients de dilatation différents.

Exemple :

- Pour contrôler l'ouverture de la fenêtre du toit d'une serre, des plaques bimétalliques sont connectées à la dernière. Un changement de température fait fléchir les plaques, causant la fermeture ou l'ouverture de la fenêtre.

38) Utiliser des oxydants forts

- a) Remplacer l'air standard par de l'air enrichi.
- b) Remplacer l'air enrichi par de l'oxygène.
- c) Traiter un objet dans l'air ou dans l'oxygène avec des radiations ionisantes.
- d) Utiliser de l'oxygène ionisé.

Exemple :

- Pour obtenir plus de chaleur d'une torche, l'alimenter avec de l'oxygène au lieu d'air atmosphérique.

39) Utiliser un environnement inerte

- a) Remplacer un environnement normal par un environnement inerte.
- b) Réaliser le processus dans le vide.

Exemple :

- Pour éviter que le coton ne prenne feu dans un entrepôt, il est traité avec un gaz inerte pendant le transport jusqu'à l'aire de stockage.

40) Utiliser des matériaux composites

Remplacer un matériau homogène par un matériau composite.

Exemple :

-Les ailes des avions militaires sont réalisées dans un matériau composite (matière plastique + carbone ...) pour une plus grande résistance et un plus faible poids.

Matrice des contradictions

Annexe 2.6 : La matrice

Worsening Feature Improving Feature		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Volume of moving object	Volume of stationary object	Speed	Force (Intensity)	Stress or pressure
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Weight of moving object	1	+	-	15, 8, 29,34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40
Weight of stationary object	2	-	+	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2	-	8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18
Length of moving object	3	8, 15, 29, 34	-	+	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35
Length of stationary object	4		35, 28, 40, 29	-	+	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2,14	-	28, 10	1, 14, 35
Area of moving object	5	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	+	-	7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28
Area of stationary object	6	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	+	-		-	1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37
Volume of moving object	7	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 4, 35	-	1, 7, 4, 17	-	+	-	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37
Volume of stationary object	8	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-		-	+	-	2, 18, 37	24, 35
Speed	9	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	+	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40
Force (Intensity)	10	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	+	18, 21, 11
Stress or pressure	11	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21	+
Shape	12	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14
Stability of the object's compo.	13	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40
Strength	14	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40
Duration of action of moving object	15	19, 5, 34, 31	-	2, 19, 9	-	3, 17, 19	-	10, 2, 19, 30	-	3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27
Duration of action by stationary object	16	-	6, 27, 19, 16	-	1, 40, 35	-		-	35, 34, 38	-		
Temperature	17	36,22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2
Illumination intensity	18	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16		19, 32, 26		2, 13, 10		10, 13, 19	26, 19, 6	

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Use of energy by moving object	19	12,18,28,31	-	12, 28	-	15, 19, 25	-	35, 13, 18	-	8, 35, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25
Use of energy by stationary object	20	-	19, 9, 6, 27	-		-		-		-	36, 37	
Power	21	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37		19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	22, 10, 35
Loss of Energy	22	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	16, 35, 38	36, 38	
Loss of substance	23	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40	3, 36, 37, 10
Loss of Information	24	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16		2, 22	26, 32		
Loss of Time	25	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18		10, 37, 36, 5	37, 36, 4
Quantity of substance	26	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18		15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29		35, 29, 34, 28	35, 14, 3	10, 36, 14, 3
Reliability	27	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19
Measurement accuracy	28	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6		28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32
Manufacturing precision	29	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 23, 2	25, 10, 35	10, 28, 32	28, 19, 34, 36	3, 35
Object-affected harmful factors	30	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37
Object-generated harmful factors	31	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22		17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40	2, 33, 27, 18
Ease of manufacture	32	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 40	13, 29, 1, 40	35	35, 13, 8, 1	35, 12	35, 19, 1, 37
Ease of operation	33	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12		1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 39, 31	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12
Ease of repair	34	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34, 9	1, 11, 10	13
Adaptability or versatility	35	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29		35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16
Device complexity	36	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	34, 10, 28	26, 16	19, 1, 35
Difficulty of detect. and measuring	37	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	3, 4, 16, 35	30, 28, 40, 19	35, 36, 37, 32
Extent of automation	38	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		35, 13, 16		28, 10	2, 35	13, 35
Productivity	39	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2		28, 15, 10, 36	10, 37, 14

	Shape	Stability of the object's composition	Strength	Duration of action of moving object	Duration of action of stationary object	Temperature	Illumination intensity	Use of energy by moving object	Use of energy by stationary object	Power	Loss of Energy	Loss of Substance	Loss of Information	Loss of Time
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	-	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	-	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28
2	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27	-	2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	19, 32, 35	-	18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26
3	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	-	10, 15, 19	32	8, 35, 24	-	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29
4	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26	-	1, 10, 35	3, 35, 38, 18	3, 25	-	-	12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26,	30, 29, 14
5	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	-	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	-	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4
6		2, 38	40	-	2, 10, 19, 30	35, 39, 38		-	-	17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18
7	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	-	34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35	-	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10
8	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	-	35, 34, 38	35, 6, 4		-	-	30, 6		10, 39, 35, 34		35, 16, 32, 18
9	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	-	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	-	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26	
10	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2		35, 10, 21	-	19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5		10, 37, 36
11	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40	19, 3, 27		35, 39, 19, 2	-	14, 24, 10, 37		10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 3, 37		37, 36, 4
12	+	33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25		22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14		4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5		14, 10, 34, 17
13	22, 1, 18, 4	+	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	35, 1, 32	32, 3, 27, 16	13, 19	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40		35, 27
14	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	+	27, 3, 26		30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40		29, 3, 28, 10
15	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10	+	-	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18		19, 10, 35, 38		28, 27, 3, 18	10	20, 10, 28, 18
16		39, 3, 35, 23		-	+	19, 18, 36, 40		-		16		27, 16, 18, 38	10	28, 20, 10, 16
17	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	+	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17		2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31		35, 28, 21, 18
18	32, 30	32, 3, 27	35, 19	2, 19, 6		32, 35, 19	+	32, 1, 19	32, 35, 1, 15	32	13, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1, 26, 17

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
19	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18	-	19, 24, 3, 14	2, 15, 19	+	-	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5		35, 38, 19, 18
20		27, 4, 29, 18	35				19, 2, 35, 32	-	+			28, 27, 18, 31		
21	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37		+	10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19	35, 20, 10, 6
22		14, 2, 39, 6	26			19, 38, 7	1, 13, 32, 15			3, 38	+	35, 27, 2, 37	19, 10	10, 18, 32, 7
23	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31	+		15, 18, 35, 10
24				10	10		19			10, 19	19, 10		+	24, 26, 28, 32
25	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	35, 29, 21, 18	1, 19, 26, 17	35, 38, 19, 18	1	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32	+
26	35, 14	15, 2, 17, 40	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	3, 17, 39		34, 29, 16, 18	3, 35, 31	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	35, 38, 18, 16
27	35, 1, 16, 11		11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	10, 30, 4
28	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32		3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28		24, 34, 28, 32
29	32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40		19, 26	3, 32	32, 2		32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24		32, 26, 28, 18
30	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	35, 18, 34
31	35, 1	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18	2, 35, 18	21, 35, 2, 22	10, 1, 34	10, 21, 29	1, 22
32	1, 28, 13, 27	11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	35, 28, 34, 4
33	15, 34, 29, 28	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24		35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	4, 28, 10, 34
34	1, 13, 2, 4	2, 35	11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16		15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27		32, 1, 10, 25
35	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13		19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13		35, 28
36	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15		2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28		20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29		6, 29
37	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 39, 25	25, 34, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16	18, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	18, 28, 32, 9
38	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	6, 9		26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13		28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	24, 28, 35, 30
39	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23	

	Quantity of substance	Reliability	Measurement accuracy	Manufacturing precision	Object-affected harmful factors	Object-generated harmful factors	Ease of manufacture	Ease of operation	Ease of repair	Adaptability or versatility	Device complexity	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	3, 26, 18, 31	1, 3, 11, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
3	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
4		15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18		15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26		30, 14, 7, 26
5	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
6	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
7	29, 30, 7	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
8	35, 3	2, 35, 16		35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35		1		1, 31	2, 17, 26		35, 37, 10, 2
9	10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 35, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	
10	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37
11	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37
12	36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
13	15, 32, 35		13	18	35, 24, 30, 18	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3
14	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 25, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 25, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14
15	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19
16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24		17, 1, 40, 33	22	35, 10	1	1	2		25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38
17	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35
18	1, 19		11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16

	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
19	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32		1, 35, 6, 27	2, 35, 6	28, 26, 30	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35
20	3, 35, 31	10, 36, 23			10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4					19, 35, 16, 25		1, 6
21	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2	2, 35, 18	26, 10, 34	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34
22	7, 18, 25	11, 10, 35	32		21, 22, 35, 2	21, 35, 2, 22		35, 32, 1	2, 19		7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35
23	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 40	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23
24	24, 28, 35	10, 28, 23			22, 10, 1	10, 21, 22	32	27, 22				35, 33	35	13, 23, 15
25	35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	
26	+	18, 3, 28, 40	13, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27	35, 29, 25, 10	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27
27	21, 28, 40, 3	+	32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40	35, 2, 40, 26		27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38
28	2, 6, 32	5, 11, 1, 23	+		28, 24, 22, 26	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32
29	32, 30	11, 32, 1		+	26, 28, 10, 36	4, 17, 34, 26		1, 32, 35, 23	25, 10		26, 2, 18		26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39
30	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	+		24, 35, 2	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24
31	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26		+					19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39
32	35, 23, 1, 24		1, 35, 12, 18		24, 2		+	2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28
33	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39		2, 5, 12	+	12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17		1, 34, 12, 3	15, 1, 28
34	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16		1, 35, 11, 10	1, 12, 26, 15	+	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11		34, 35, 7, 13	1, 32, 10
35	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10		35, 11, 32, 31		1, 13, 31	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4	+	15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
36	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40	19, 1	27, 26, 1, 13	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37	+	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28
37	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28		22, 19, 29, 28	2, 21	5, 28, 11, 29	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28	+	34, 21	35, 18
38	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33	2	1, 26, 13	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	+	5, 12, 35, 26
39	35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1	22, 35, 13, 24	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24	1, 28, 7, 10	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	+

Annexe 2.7 : Les Contradictions Physiques et les Principes de Séparation

➤ Source – Termes anglo-saxons :

Les principes (la segmentation, l'action anticipée), ARIZ, outil conçu vers les années 70.

➤ Synonymes :

On le traduit par Physical Contradictions and Separation Principles.

Une contradiction physique caractérise une problématique dans laquelle un même élément ou un même service doit présenter des caractéristiques antagonistes (ex : chaud et froid).

➤ But/Objectif :

Le but de cet outil est de concevoir des solutions alternatives en levant la contradiction afin de se rapprocher du Résultat Idéal Final.

➤ Principe :

On formule directement la contradiction physique ou on change la contradiction technique en contradiction physique.

On utilise ensuite les quatre principes de séparation pour lever la contradiction et résoudre le problème.

➤ Procédure de mise en œuvre de l'outil :

Il faut dans un premier temps formuler la contradiction physique, il y a trois façons de le faire :

- L'obtention d'un état ou d'une caractéristique d'une fonction ou d'un composant du système est nécessaire pour arriver au résultat voulu, et sa non-existence est nécessaire pour empêcher des effets néfastes ou indésirables.
- Une caractéristique doit être amplifiée pour atteindre le résultat voulu mais elle doit être atténuée pour empêcher des effets néfastes ou indésirables ou atteindre un autre résultat voulu.
- Un élément doit être présent pour atteindre un résultat voulu mais doit être absent pour empêcher des effets néfastes ou indésirables ou atteindre un autre résultat voulu.
- Cette contradiction étant énoncée, on utilise ensuite les principes de séparation pour tenter de la résoudre :
- Séparation dans l'espace : Séparer dans l'espace des contraintes antagonistes. Si l'on doit améliorer des fonctions antagonistes du système ou lui permettre d'opérer dans des conditions contradictoires, il faut envisager la possibilité d'une partition théorique ou réelle du système en sous-systèmes. Ceci étant fait, on affecte ensuite à chacun de ces sous-systèmes une fonction ou une condition contradictoire.
- Séparation dans le temps : Séparer, dans le temps, deux contraintes antagonistes. Si le système ou process doit satisfaire à des contraintes antagonistes, améliorer des fonctions contradictoires ou fonctionner dans des conditions contradictoires. Essayer (théoriquement ou concrètement) d'ordonner les contraintes de façon à ce que les fonctions ou opérations en conflit prennent effet à des moments différents.
- Séparation de l'élément entier et de ses éléments : Séparer les contraintes en contradictions entre l'objet entier et ses éléments. Partitionner ces contraintes entre les différents sous-systèmes.

- Séparer sous condition : le concept de « condition » peut permettre de résoudre certaines contradictions. Il s'agira de doter le système de moyens de réaliser « un tri » pour éliminer les « éléments » provoquant les effets néfastes présents auparavant dans le système.

Approches alternatives pour séparer les contradictions :

Une alternative pour améliorer les fonctionnalités d'un système présentant des propriétés bénéfiques et néfastes est d'isoler (physiquement) la (les) parties du (des) système(s), ou process, qui présente(nt) des caractéristiques indésirables. On peut également transférer l'une des contraintes ou caractéristiques à un niveau hiérarchique différent du système, c'est-à-dire la remonter au niveau du super-système ou au contraire l'intégrer dans un sous-système. On peut enfin utiliser un changement de phase.

➤ **Utilisation :**

La formulation de la contradiction physique peut être réalisée à partir de celle d'une contradiction technique. On peut agir ainsi dans le cas où les concepts de solutions obtenues pour résoudre la contradiction technique ne sont pas satisfaisants ou tout simplement parce que l'on souhaite élargir le panel de solutions. On peut également choisir d'employer l'outil Contradiction Physique plutôt que la Contradiction Technique en fonction du niveau d'innovation souhaité pour la solution.

➤ **Coût d'utilisation :**

Une heure.

➤ **Evolution au cours du temps :**

L'idée de poser le problème sous la forme d'une contradiction physique est apparue au début des années 70 après qu'ARIZ ait été un peu plus développé. Les principes de séparation dans le temps et dans l'espace ont découlé de la définition des Lois d'Evolution dans lesquelles le concepteur doit parvenir à considérer son problème sous des angles différents (Espace) en décomposant le système en sous-systèmes ou, au contraire, en l'intégrant dans un ou des super-systèmes, et ensuite en regardant si les caractéristiques en contradiction ne peuvent pas intervenir à différents instants pour supprimer le conflit (Temps : intégration des états du système avant et après l'instant où le problème apparaît).

Les autres principes de séparation ont découlé de l'approfondissement de l'étude d'ARIZ car ARIZ est destiné à la résolution des problèmes les plus complexes. La méthode d'analyse qui a été peu à peu développée dans ARIZ conduit les concepteurs à « descendre » de plus en plus au cœur du système jusqu'à la matière pour identifier plus finement les caractéristiques « physiques » qui sont en cause. C'est en développant cette tendance que la notion de contradiction physique est peu à peu venue compléter celle de contradiction technique. Il s'agit là de la mise en œuvre d'un des concepts des lois d'évolution, le passage du niveau macro au niveau micro. En face de la problématique ainsi redéfinie, on propose d'appliquer des typologies de solutions qui découlent elles aussi de certains des principes qui avaient auparavant été identifiés parmi les 40 principes :

- Séparation dans le temps : généralisation du principe « action anticipée »
- Séparation dans l'espace : découle des principes d'« extraction » et de « segmentation »
- Séparation entre un élément et une partie du système : principe de « segmentation »

Annexe 2.8 : Matrice de consolidation des concepts de solution aux problèmes technologiques

➤ **Source – Termes anglo-saxons :**

Outil crée au cours de nos travaux.

➤ **But/Objectif :**

Associer les concepts de solutions identifiés lors de la phase de créativité et répondant aux différents sous problèmes identifiés lors de la phase d'analyse du problème.

➤ **Principe :**

Accroître la richesse des différents concepts identifiés pour résoudre le problème central. Pour cela le groupe recherche parmi tous les concepts ceux susceptibles soit de résoudre les sous problèmes non traités par le concept principal, soit de renforcer sa robustesse.

➤ **Procédure de mise en œuvre de l'outil :**

La grille est complétée avec le groupe de travail. L'intervenant prépare la réunion en diffusant auparavant aux membres du groupe un rapport comportant les différents concepts de solutions issus des séances de créativité précédentes (ces concepts doivent être illustrés par des schémas chaque fois que leur définition le permet).

En début de réunion, le responsable de projet représente rapidement l'ensemble des concepts ceux-ci sont numérotés.

Le groupe s'attache dans un premier temps à identifier clairement les différents concepts parmi ceux retenus qui peuvent être définis comme :

- répondant au problème central identifié,
- appelant des natures de solutions radicalement différentes.

Les numéros d'ordre de ces concepts sont alors retenus pour constituer les colonnes de la matrice tandis les lignes comportent ceux de l'ensemble des concepts issus des séances de créativité.

Le groupe reprend ensuite chaque concept principal et cherche s'il y a un apport possible à l'association de concepts secondaires.

Numéro des concepts de solution

Nombre voies de solutions dégagées
(la numérotation correspond à celle utilisée pour lister les solutions)

	1	2	3	4	5	12	13	14	15	16	17	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
1									X						X	X	X				X							0
2																	X											0
3									X						X	X	X				X							0
4					X	X	X																					1
5																												0
6							X												X									2,3
7																												4

➤ **Coût d'utilisation :**

Réunion de deux heures env. plus temps de travail préparatoire pour le responsable de projet

Annexe 2.9 : Grille d'évaluation des solutions

➤ **Source – Termes anglo-saxons :**

Outil crée au cours de nos travaux.

➤ **But/Objectif.:**

Classer les voies de solutions en fonction de leur capacité à satisfaire au cahier des charges défini en début et au cours de l'étude.

➤ **Principe.:**

La grille d'évaluation est un tableau à double entrée comportant en ligne la liste des critères et leur pondération et en colonne la liste des voies de solutions issues de la séance de consolidation des concepts. Le renseignement de cette grille est mené en groupe.

➤ **Procédure de mise en œuvre de l'outil :**

La grille est complétée avec le groupe de travail.

Auparavant, le responsable de projet établit la liste des critères identifiés lors de la conduite du projet et les classe suivant leur nature. Il existe quatre natures de critères de sélection :

- les critères techniques, ce sont ceux qui sont issus du cahier des charges et de l'analyse fonctionnelle
- les critères de gestion de projet, ce sont les critères de coût, performance, délai, coût horaire...
- le respect de la limite des changements, il s'agit de vérifier que toutes les modifications engendrées par notre solution font partie de la liste des solutions envisageables.
- l'horizon temporel de disponibilité de la solution :
 - Court terme : les solutions sont utilisables immédiatement. Le système n'est pas modifié dans sa globalité. Les caractéristiques des ressources de production sont peu modifiées.
 - Moyen terme : le déploiement des solutions exige un changement de technologie la formation de personnel, un investissement matériel...,
 - Long terme : certaines solutions concernent le long terme. Elles imposent de mener un projet de Recherche et Développement, de remanier profondément les caractéristiques des ressources (humaines et/ou matérielles) exploitées...

L'acceptabilité des délais imposés par chacune de ces catégories de solutions est essentielle.

Avant la réunion cette liste est présentée au responsable de projet et modifiée si nécessaire. La pondération de ces critères est réalisée lors de la réunion.

On procède critère par critère en attribuant pour chaque critère de chaque solution une note comprise entre 1 et 3 :

- 1 : dégradation du critère vis-à-vis de la solution actuelle,
- 2 : pas de modification notable,
- 3 : amélioration de la fonction,

Chaque note est multipliée par le coefficient de pondération attribué au critère et on place ce produit dans la case du tableau. On somme ensuite les points obtenus par chaque solution et on effectue un classement des solutions en fonction de leur nombre de points.

La solution ou les deux solutions spécifiques ayant le plus de points sont retenues afin de passer au prototype.

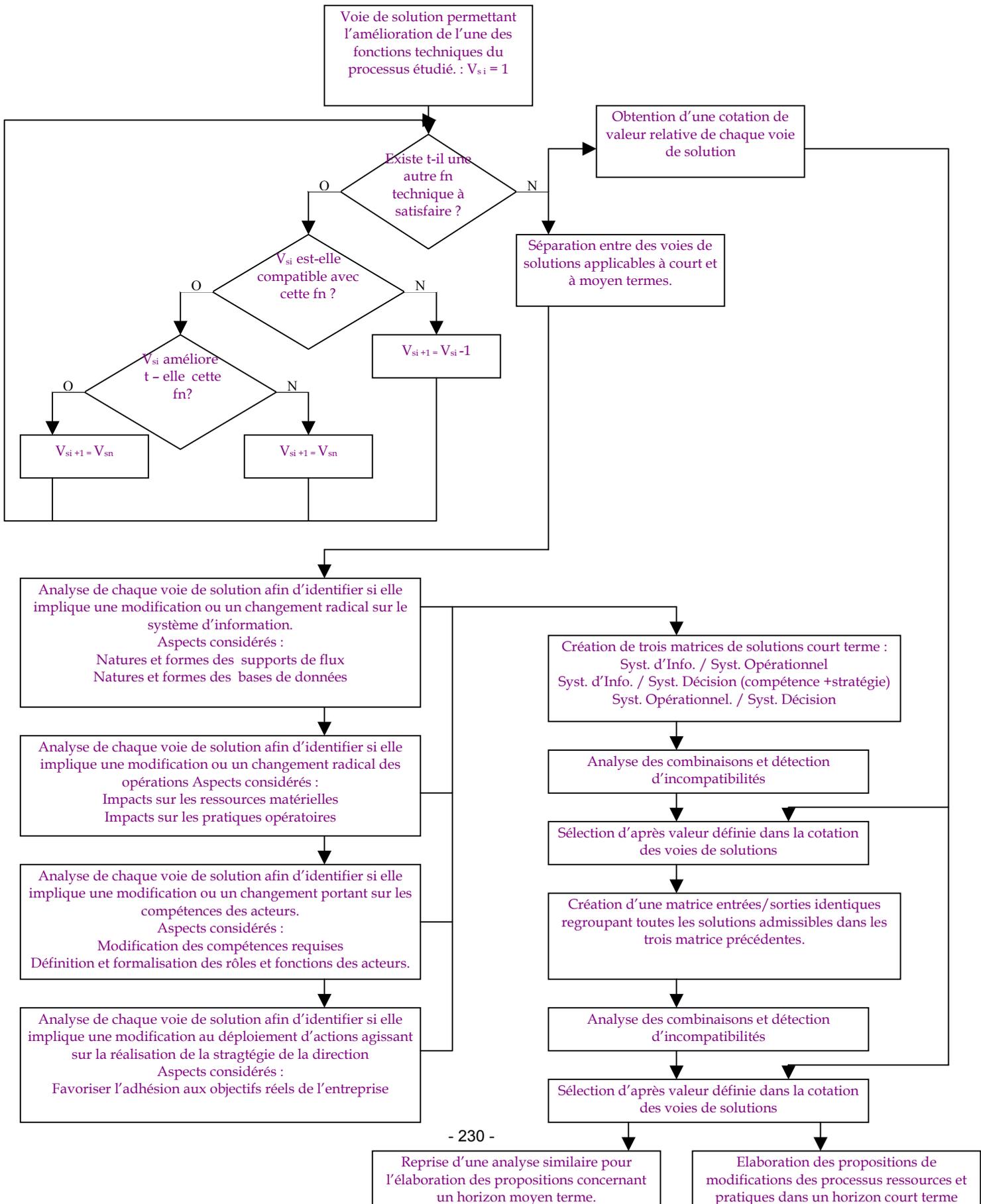
Exemple de tableau type :

Catégorie des critères	Critères	Pondération	1	////	20
Critères Techniques	a	4	4		
	b	1	2		
	c	0	0		
	d	3			
	e	2			
Critères Gestion De Projet					
Respect Des modifications envisageables					
Total					
Classement des solutions					

➤ Coût d'utilisation :

Réunion de deux à trois heures plus temps de travail préparatoire pour le responsable de projet et le responsable hiérarchique.

Annexe 2.10 : Algorithme d'évaluation des solutions organisationnelles



ANNEXE 3.

<i>Annexe 3.1 : Adaptabilité des outils classiques de TRIZ aux processus.</i>	<u>232</u>
<i>Annexe 3.2 : Caractérisation des modèles organisationnels au travers des paramètres de la matrice</i>	<u>235</u>
<i>Annexe 3.3 : Recouplement de l'analyse la liste des principes et concepts effectivement employés et des principes directement suggérés par la matrice</i>	<u>236</u>

Annexe 3.1 : Adaptabilité des outils classiques de TRIZ aux processus.

Dans le but de construire une matrice réduite, équivalent non-technologique partiel de la matrice classique, nous pouvons analyser les processus à travers les grandes phases d'évolution des organisations. La démarche suivie dans l'élaboration de cette matrice partielle est synthétisée par le diagramme suivant :

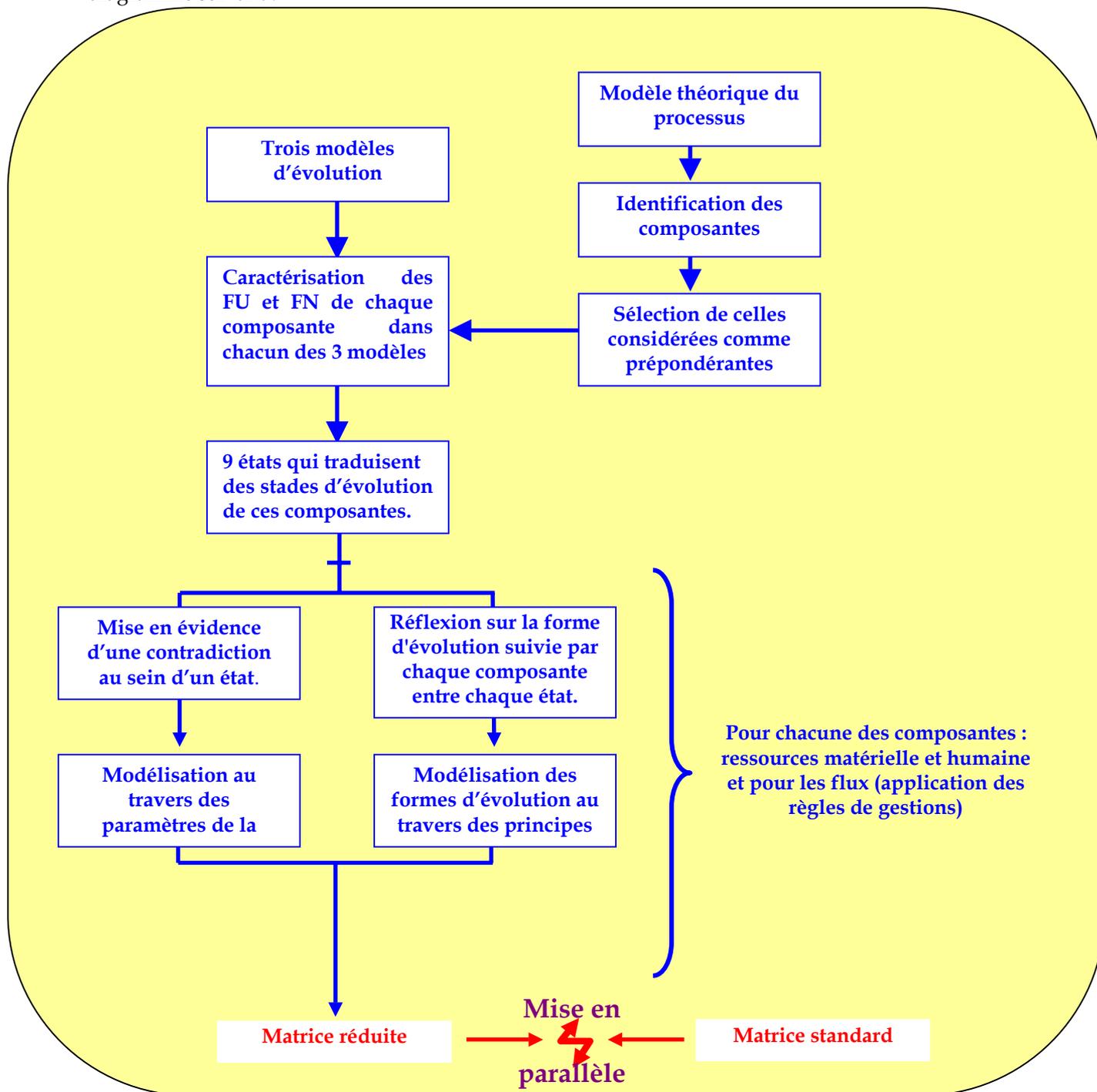


Figure 56 : Démarche d'élaboration d'une matrice réduite

Nous avons choisi de décrire les évolutions des processus à travers les mutations subies par les composantes mises en exergues dans la décomposition adoptée précédemment et rappelée ci-dessous.

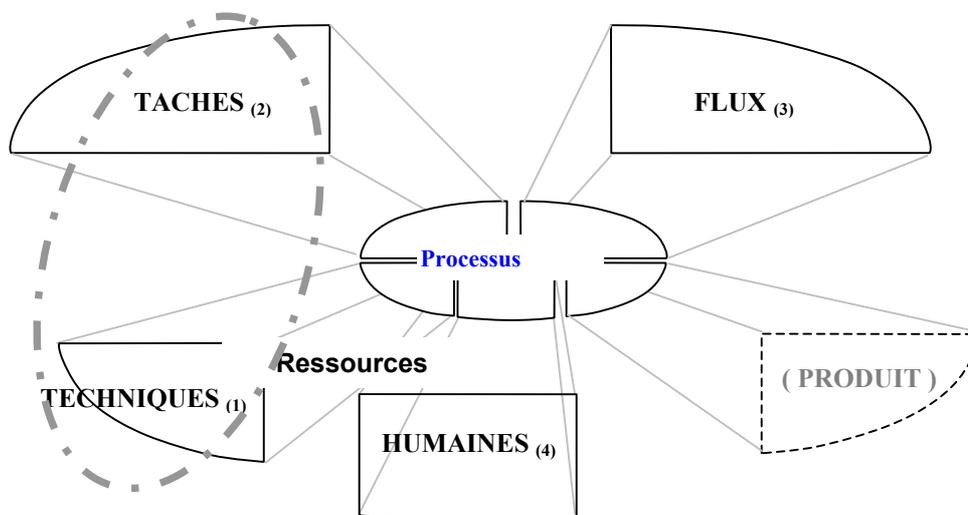


Figure 57 : Axes d'analyse de l'évolution d'un processus.

Le produit constitue un cas particulier, que nous ne traiterons pas plus en détails : il évolue par et pour lui-même, en fonction du marché, de ses nouvelles exigences, des modes ... et ne suit pas les mêmes tendances que les autres composantes du processus.

Les transformations subies par le processus sont fortement marquées par la nature de l'activité et il apparaît difficile de dégager des évolutions universelles. Aussi le recours à des modèles généraux d'organisation, permettant d'en retracer les grandes tendances, s'est-il imposé. Comme dans le cas de la définition des processus, la littérature en propose une multitude de définitions. Parmi tous ces modèles proposés, nous citerons celui présenté par Livian [57] : « Cycle de vie des processus »

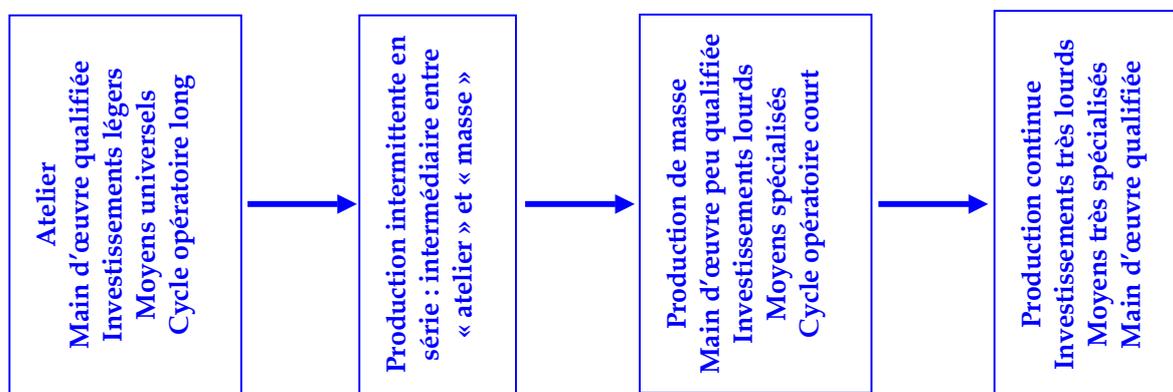


Figure 58 : Evolution générale des modes de production. [57]

Bien que l'auteur ne le fasse pas lui-même, les tendances dessinées ici sont souvent présentées comme chronologiques ... à tort. En effet si, dans l'évolution « logique », l'atelier précède systématiquement les trois autres formes, il est faux de prétendre qu'une production intermittente est vouée à devenir production de masse, ou que la production continue succède toujours à une production de très grandes séries. Plus qu'à une véritable chronologie, l'évolution présentée ici correspond davantage à un élargissement du champ d'action, décidé et non inexorable, lié à l'activité et motivé par celle-ci. A travers ce schéma, de grandes tendances se dégagent néanmoins liées à une évolution de l'environnement suscitée liée soit aux changements inhérents à une époque et/ou à un nouveau positionnement de marché. Nous avons donc recherché les caractéristiques faibles d'un état devant

être modifiées pour permettre l'adaptation du système au contexte suivant. Ce travail a été mené pour chacune des composantes : flux – ressources – tâches. Les résultats de ces travaux figurent dans le tableau 30 dans lequel nous dégagons les forces et les lacunes de chaque état :

Les paramètres à travers lesquels nous avons décrit les processus et leurs évolutions sont intimement liés aux mutations des modèles d'évolution. Avant de spécifier les évolutions propres à chacune des composantes que nous avons choisies, il peut être intéressant, sinon utile, de décrire de façon globale la réflexion sur laquelle nous avons effectuée notre modélisation.

- Le modèle artisanal correspond à l'organisation originelle et naturelle du travail. Dans ce type de structure, souvent de taille modeste, l'homme occupe une place centrale. C'est lui qui, par son action et grâce à son savoir-faire, donne sa valeur au produit. Ce système se trouve cependant desservi par la faiblesse des flux (flux physiques essentiellement, les informations étant supposées se matérialiser à travers ceux-ci) et des capacités limitées.
- Le modèle fordien répond aux principes de division du travail de Taylor et Fayol et symbolise historiquement l'évolution des systèmes artisanaux. Le développement de ce type d'organisation s'inscrit dans une recherche d'augmentation du volume de production, d'amélioration de la productivité, de réduction des coûts unitaires et répond aux nouvelles exigences de la production de masse. L'ouvrier se voit déprécié, ses capacités et connaissances spécifiques, valorisées par le modèle artisanal, ne sont plus mises à profit. Son rôle se trouve réduit à celui de simple effecteur.. « Une organisation taylorienne ou fordienne ne se pose pas de question sur sa pérennité car elle part du principe que l'environnement de l'entreprise est figé, le consommateur ne peut pas influencer les produits ; il achète ce que l'entreprise produit, le choix n'existe pas. » [66] Ceci se traduit par la généralisation de flux poussés : la production ne répond plus à des besoins spécifiques mais alimente un stock, lui-même destiné à satisfaire une demande future. Pour répondre à l'augmentation de la production, ces mêmes flux gagnent en volume et en vitesse.
- Enfin, le travail se trouve divisé en fonctions élémentaires (de façon à ce que chacun effectue une tâche simple, qui lui soit propre) qui ne requièrent aucune interaction avec les autres activités. L'application de ces théories induit une forte hiérarchisation des structures, dans lesquelles une initiative minimale est laissée à l'individu. Une telle décomposition rend enfin le processus de production plus « transparent » et plus aisément contrôlable pour ses gestionnaires.
- De nouveaux impératifs de réactivité, auxquels une organisation pensée pour la production de (très) grandes séries n'est pas adaptée, ont plongé ce modèle dans la crise. [57] L'augmentation du degré d'automatisation des tâches a impliqué une plus haute qualification d'un personnel davantage affecté au contrôle et à la maintenance, contraint de comprendre un outil compliqué et non plus simplement de l'utiliser. Ce degré croissant d'éducation s'est avéré incompatible avec le bas niveau d'exigence intellectuelle des tâches fordiennes. Suite à cette crise, l'organisation du travail a évolué selon les axes suivants :
 - élargissement par ajout de tâches de même nature, afin de réduire l'aspect répétitif (« travail polyvalent »²³),
 - enrichissement du travail en regroupant des tâches plus variées et plus complexes (« travail polyvalent »²¹),

d'une manière générale : allègement des structures, recul de la mécanisation des tâches, augmentation de l'implication mentale au détriment de l'implication physique²⁴, « tertiarisation » du travail.

²³ Yves Frédéric LIVIAN - Introduction à l'Analyse des organisations - éditions Economica, 2000.

²⁴ Saïd Aït EL HADJ - L'Entreprise face aux mutations technologiques - Les Editions d'organisation, 1989.

Annexe 3.2 : Caractérisation des modèles organisationnels au travers des paramètres de la matrice

Modèle Composante	ARTISANAL	FORDIEN	ORGANIQUE
MATERIELLE	<ul style="list-style-type: none"> ➤ universel, simple. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ spécialisation, automatisation de l'outil. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ mode universel, beaucoup moins automatisé, déménageable.
HUMAINE	<ul style="list-style-type: none"> ➤ place central, clé de la valeur du produit, difficilement remplaçable. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ subsidiaire, interchangeable, plus forte implication sur le contrôle, travail parcellisé. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ association savoir / savoir faire, polyvalence, appel à la créativité, à la prise de décision, à l'autonomie, regroupement des tâches.
FLUX	<ul style="list-style-type: none"> ➤ flux lié à l'humain, flux informel de l'info. pas de gestion de flux. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ canalisation et formalisation des flux (info et matière), statisme du schéma général des flux, prédominance des flux produit par rapport au flux d'informations. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ configuration du flux de matière de moins en moins figée, inversion de la prédominance des flux physiques sur le flux d'info ➤ accélération des flux

Facteur prédominant **1 = Humain / 2 = Outil** **1 = Outil / 2 = Flux** **1 = Flux / 2 = Humain**

Tableau 30 : Modèles d'évolution.

Sur la base de cette caractérisation, les paramètres que nous avons employés pour modéliser ces états ont été :

Modèle Composante	ARTISANAL	FORDIEN	ORGANIQUE
MATERIELLE	<ul style="list-style-type: none"> ➤ FU : 32²⁵, 33, 34, (35) ➤ FN : (27), 28/29, 39 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ FU : 9, (38), 39 ➤ FN : 2, 36, 37 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ FU : 28/29, 35, 38, 39 ➤ FN : 8, 20, 22, 23, 24
HUMAINE	<ul style="list-style-type: none"> ➤ FU : 35, 38 ➤ FN : [13, 15/16, 27], 39 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ FU : 9, 16, (18), 33, 39 ➤ FN : 22, 23, 35 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ FU : 21, 35, 36, 38 ➤ FN : 11, 14, 17, 24, 31
FLUX	<ul style="list-style-type: none"> ➤ FU : (32), 33, 35 ➤ FN : 7, 22, 23, 24, 25 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ FU : 2, (4), 7, 13, 27 ➤ FN : 19, (22), 26, 35, 36 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ FU : 9, 35, 39 ➤ FN : 36, 37

FU : Fonction Utile / FN : Fonction Néfaste

Tableau 31 – Fonctions utiles / fonctions néfastes.

²⁵ Définition des paramètres : voir annexe 1.

Annexe 3.3 : Recouplement de l'analyse la liste des principes et concepts effectivement employés et des principes directement suggérés par la matrice

[XX] : principes proposés par la matrice pour répondre à la nature de contradiction étudiée,

(XX) : principe retenu dans la liste des quarante de la matrice pour décrire un concept employé dans la réalité pour résoudre la contradiction étudiée,

XX : principe retenu dans la liste des quarante et proposé par la matrice pour résoudre la contradiction.

		Weight of stationary object	Reliability	Measurement accuracy	Manufacturing precision	Device complexity	Difficulty of detecting and measuring	Productivity
		2	27	28	29	36	37	39
Worsening Feature →	specu	9	(15) (28)			28 [34]	[34] [27]	
		32						[10]
Improving Feature ↓	specu	33		(11)	2-(3)	(2-3) [23]		28 (20) (5)
		34		11 [10]	2	(2)		(19) [10]
		35			5	(5)		(21) [35]
		38	(25)			(28)	25 [34] [27]	
		39	15 28 (6) [27]			(15) (6)	(6) [35] [27]	+

<p>Worsening ature →</p> <p>Improving Feature ↓</p>		Volume of moving object	Use of energy by moving object	Loss of Energy	Loss of Substance	Loss of Information	Loss of Time	Quantity of substance	Adaptability or versatility	Device complexity
		7	19	22	23	24	25	26	35	36
Weight of stationary object	2		(28)	15 [18]				[18]	(23) - 15 29	(25)
Volume of moving object	7	+	(15) (28)	15 (28)				29	(23) - 15 29	[26]
Stability of the object's composition	13							15	30	[26]
Reliability	27		(28) [11]	[11]				(15 - 23)	(23 - 25)	(25)
Ease of manufacture	32	[29]		19		(10) (13) [24]	(20 -19) [34]			
Ease of operation	33	(20)		19	(10) [24]	10	(20-19) [34]			
Adaptability or versatility	35	(10) (13) 15		[15]	10 13		(10)		+	

Tableau 32 : Matrice réduite : aspect « ressource matérielle ».

<p>Worsening Feature →</p> <p>Improving Feature ↓</p>		Stability of the object's composition	Duration of action of moving object	Duration of action of stationary object	Loss of Energy	Loss of Substance	Reliability	Adaptability or versatility	Productivity
		13	15	16	22	23	27	35	39
Speed	9				35	28 38 [13]		(5-6) 15	
Duration of action by stationary object	16			+	(28)	38			
Ease of operation	33				(5-6) (25)	(25) [24]		(5-6) 15	
Adaptability or versatility	35		1, 13	(12)			24 13 [35]	+	(26) (27) [35]
Extent of automation	38	1		(12)			(1) 27		12 26 [35]
Productivity	39				28 35	28 35		(5-6) 28	+

Tableau 33 : Matrice réduite : aspect « flux ».

ANNEXE 4.

Annexe 4.2 : Guide d'utilisation du questionnaire pour l'analyse d'un problème technologique. _____ 239

Annexe 4.3 : Guide de conduite de l'analyse du système et de son environnement en phase d'analyse du problème / Formulation orientée problèmes organisationnels. _____ 245

Annexe 4.1 : Guide d'utilisation du questionnaire pour l'analyse d'un problème technologique.

Ce guide est destiné à faciliter l'utilisation du questionnaire développé par Ideation en vue de mener la phase préliminaire d'analyse de problème avant l'utilisation de TRIZ pour sa résolution. L'objet de ce guide est notamment de situer le lien existant entre les réponses apportées et leur utilisation dans le traitement avec TRIZ et cela afin de clarifier la nature des informations à obtenir. Des voies de solutions peuvent être envisagées au cours du renseignement de ce questionnaire. L'ensemble de ces idées doit être consigné dans le compte rendu final.

-1- Nommer le système technique et les secteurs d'exploitation de ce domaine, faisant l'objet de la présente analyse

Cette question permet de situer l'étude qui va être traitée et porte sur des informations générales. Il faut cependant prendre garde à bien définir le système technique, à savoir qu'il faut se placer sur le niveau systémique le plus pertinent à notre étude. Les réponses apportées à cette question vont commencer à définir l'ampleur des modifications autorisées au regard du système existant.

-2- Identifier la Fonction Utile Primaire (FUP) à améliorer ou à intégrer

Cette question est essentielle et influe sur toute la poursuite de l'étude, particulièrement sur la formulation du problème dont dépendra la stratégie de résolution de problème mise en oeuvre. Il faut garder à l'esprit que l'on parle de la fonction utile à intégrer ou à améliorer, il ne s'agit donc pas forcément de la fonction principale du système lui-même. De fait, l'essentiel de la formulation du problème qui sera effectuée au final dépendra de la réponse à cette question. On notera qu'en aucun cas le coût ne peut être retenu comme fonction à améliorée. Dans une telle situation il est nécessaire de remonter aux origines du surcoût.

-3- Décrire la structure du système

Les informations à porter dans cette rubrique sont essentiellement des documents à annexer et dont la nature variera suivant le sujet d'étude. Pour une étude **produit**, il est recommandé de documenter cette rubrique par une **nomenclature BE** permettant de faire apparaître les sous systèmes et un graphe d'**analyse fonctionnelle**. Dans le cas d'une étude portant sur un aspect plus process ou organisationnel on établira une liste des éléments « processés » et « processeurs » intervenants sur les processus étudiés. A nouveau le niveau de détail de cette analyse sera fonction du niveau de système auquel le problème aura été défini. La réalisation d'un graphe représentant les liens unissant le système étudié, le super système auquel il appartient, et les sous-systèmes qui le constituent, est recommandée.

-4- Décrire l'environnement du système

Il s'agit ici de définir les systèmes externes présents, qu'ils soient ou non en interaction avec le système lorsque le problème apparaît. Pour le cas particulier des études process, cette question doit permettre de définir les différents process environnants et tous les systèmes interagissant avec le process étudié.

-5- Décrire les ressources du système

La réponse à cette question doit être la plus précise possible car les meilleures solutions découlent très souvent de l'utilisation de ressources directement disponibles à proximité du système. Différents types de ressources peuvent être identifiés (voir fin du questionnaire).

-6- Décrire le fonctionnement du système

Pour une étude produit, un cours texte explicatif permet d'illustrer ce paragraphe.

Le fonctionnement du système pour un process doit être explicité au travers d'un flowchart. Toutefois, des précisions pertinentes peuvent être apportées en parallèle à ce flowchart.

Dans tous les cas, synthétiser les éléments déjà répertoriés en créant un tableau de trois colonnes : (1) composant 1, (2) composant 2, (3) Verbe qualifiant la nature de la liaison entre les deux composants (voir exemple en fin d'annexe).

-7- Indiquer l'effet néfaste ou la contradiction qui est à l'origine du travail de conception. L'effet néfaste doit être éliminé (ou réduit) par la solution, tout en préservant (ou en améliorant) la FUP

Il faut indiquer clairement le phénomène à l'origine de l'étude et qui est à éliminer ou à amoindrir. Les conséquences de ce phénomène sur notre système sont également à définir. S'il est clairement établi que le problème à résoudre ne relève pas d'une contradiction mais d'un effet néfaste ou excessif/insuffisant, il peut, dès cette étape, être envisagé d'utiliser directement les modèles S-Fields pour traiter le problème avec TRIZ classique.

Si en revanche une contradiction technique est mise en évidence, elle devra être énoncée sous ses deux formes et puis celle qui représente le mieux la situation que l'on s'emploie à améliorer est sélectionnée pour la poursuite de l'étude.

-8- Après quels événements ou quelles étapes du développement cette situation est-elle apparue ? Est-il possible de revenir en arrière et de modifier l'orientation de développement prise de façon à éliminer les inconvénients énoncés en 7 ?

La réponse à cette question correspond à l'historique du phénomène perturbant le système étudié. Cette question est particulièrement intéressante pour des problèmes types process dans lesquels les évolutions opérationnelles sont fréquentes.

-9- Décrire le mécanisme qui cause l'effet néfaste si celui-ci est clair pour vous

Cette question doit être prise en compte uniquement si la cause est clairement identifiée.

-10- Décrire les changements souhaitables (ce que vous souhaiteriez obtenir)

Le résultat est défini sous la forme d'un principe souhaité, afin de résoudre notre problème, sans prendre en compte aucune contrainte extérieure. Il s'agit d'une première approche de l'idéalité.

-11- Indiquer les moyens ou méthodes connus ou généralement utilisés (s'il en existe) pour l'élimination de l'effet néfaste - Expliquer pourquoi vous ne pouvez pas (ou ne souhaitez pas) les employer ici.

Il faut indiquer ici les moyens d'obtenir ce que l'on a énoncé à la question précédente et surtout indiquer pourquoi ces méthodes ne peuvent pas être appliquées dans notre cas. Il peut alors être possible de définir un problème secondaire plus facile à résoudre que le problème principal.

-12- Indiquer ce qui peut, et ce qui ne peut pas, être modifié dans le système et expliquer les raisons de ces restrictions

Il faut, ici, dresser une liste exhaustive de toutes les modifications envisageables et non envisageables en terme de fonction pour notre système. Cette liste permet de définir les limites des solutions qui pourront être développées dans la suite de l'étude.

-13- Évaluer l'ampleur des changements admissibles dans cette approche de reconception

Les changements qui sont définis ici ne concernent pas les fonctions que doit remplir le système mais plutôt les attributs du système lui-même : forme, coût, couleur...

Les réponses apportées à cette question constituent donc une partie du cahier des charges de l'équipe projet.

-14- Décrire les autres problèmes qui devraient être résolus s'il n'est pas possible de diminuer (ou d'éliminer) l'effet néfaste précédemment indiqué

Cette question doit amener à définir des problèmes secondaires qui, une fois résolus, permettraient d'améliorer la Fonction Utile Primaire sans pour cela éliminer l'effet néfaste.

-15- Indiquer vos critères d'évaluation des solutions

Définir tous les critères pertinents à l'évaluation des différentes solutions qui pourront être développées en terme de coût, de performance, de délai...

Il est important de définir qualitativement et quantitativement ces critères et d'en effectuer une pondération. C'est en effet sur la base de ces informations que les différentes solutions construites par la suite pourront être évaluées.

-16- Décrire votre vision du résultat idéal

Cette ultime question est sans doute une des plus importantes. Le résultat idéal qui doit être défini correspond à une solution la plus idéale possible, c'est-à-dire pour laquelle plus aucun problème ne peut être identifié (principal comme secondaires). Le résultat idéal correspond en fait à un système qui ne peut pas être réalisé (système sans masse, sans coût...) mais dont la solution finale devra être le proche possible.

➤ Types de ressources

-1- Substances

Tout matériel appartenant au système ou à son environnement, produit fabriqué ou rejet.

-2- Énergie

Toute sorte d'énergie présente dans le système.

-3- Espace

Tout espace utilisable appartenant au système ou à son environnement.

-4- Temps

Durées écoulées avant, après et entre les différents cycles technologiques, non utilisées et partiellement utilisées.

-5- Fonctionnelles

Possibilités offertes par le système ou son environnement de proposer des fonctions supplémentaires à celles exploitées jusque là.

-6- Self service

Propriétés ou caractéristiques non exploitées, en particulier les propriétés physiques, chimiques ou géométriques. Par exemple : fréquence de résonance, caractéristiques magnétiques, radioactivité, transparence sous certaines conditions...

-7- Système

Nouvelles fonctions ou propriétés du système qui peuvent être obtenues par modification des assemblages entre les sous systèmes ou par une nouvelle façon de combiner les systèmes.

-8- Organisationnelles

A trouver dans des structures existantes mais pas totalement employées ou dans des structures qui peuvent facilement être intégrées dans le système, par une modification de l'arrangement des éléments ou de leur combinaison et de leur communication.

-9- Différentielles

La différence d'amplitude pouvant exister entre certains paramètres peut être employée pour créer un flux ou générer de nouvelles fonctions.

-10- Changement

Les nouvelles propriétés ou caractéristiques du système dues à des évolutions antérieures et qui sont restées inexploitées.

-11- Inconvénients

Les rejets du système ou d'autres systèmes qui peuvent être réemployés.

➤ Exemple d'utilisation

-1- Nommer le système technique et les secteurs d'exploitation de ce domaine, faisant l'objet de la présente analyse

- Bicyclette
- Un système de transmission indépendant

- Industries : transport, loisirs, forme.

-2- Identifier la Fonction Utile Primaire (FUP) à améliorer ou à intégrer

La FUP est de transporter une personne et une faible charge sur des distances relativement courtes.

-3- Décrire la structure du système

Le cadre (1) comporte un support (2) sur lequel est connecté un axe de transmission (3) sur lequel les pédales (4) et un pignon (5) sont fixés. Le pignon est relié à une chaîne (6) laquelle est en liaison avec un autre pignon (7) fixé à l'axe (8) de la roue (9).

-4- Décrire l'environnement du système

La bicyclette interagit avec le cycliste, la route, l'air et les autres véhicules. La bicyclette est «voisine » des autres objets présents dans la maison ou le garage ou elle est rangée. Une bicyclette est un des éléments des super systèmes tels que «équipements sportifs » ou «fabrique de bicyclette ».

-5- Décrire les ressources du système

Moment de rotation des roues, poids de la personne, états des routes et vibrations engendrées...

-6- Décrire le fonctionnement du système

Opérations réalisées avec la bicyclette :

Objet (Nom)	Action (Verbe)	Objet permettant l'action (Nom)
Personne	Appuie	Pédales
Pédales	Entraînent	?
?	tire	Chaîne
Chaîne	entraîne	Second pignon

-7- Indiquer l'effet néfaste ou la contradiction qui est à l'origine du travail de conception. L'effet néfaste doit être éliminé (ou réduit) par la solution, tout en préservant (ou en améliorant) la FUP

La vitesse de la bicyclette est trop faible, ce qui entraîne que les temps nécessaires au transport des personnes et des petites charges sont trop longs.

-8- Après quels événements ou quelles étapes du développement cette situation est-elle apparue ? Est-il possible de modifier l'orientation de développement prise de façon à éliminer les inconvénients énoncés au chapitre 7 ?

L'inconvénient a toujours existé, mais les demandes des clients et le haut niveau de concurrence requièrent d'améliorer les performances du système.

-9- Décrire le mécanisme qui cause l'effet néfaste si celui-ci est clair pour vous

La vitesse de la bicyclette est limitée par la puissance de la personne qui appuie sur les pédales et par l'importante résistance aérodynamique que représente la personne et la bicyclette.

-10- Décrire les changements souhaitables (ce que vous souhaiteriez obtenir)

Réduire la résistance aérodynamique de l'ensemble «bicyclette + personne » afin d'augmenter la vitesse.

-11- Indiquer les moyens ou méthodes connus ou généralement utilisés (s'il en existe) pour l'élimination de l'effet néfaste - expliquer pourquoi vous ne pouvez pas (ou ne souhaitez pas) les employer ici

Il est possible d'améliorer le profil aérodynamique de la bicyclette et du cycliste en utilisant des profils aérodynamiques. Cependant, une telle solution augmenterait la masse de l'ensemble, d'où un effort plus important à fournir par le cycliste. Dans ce cas nous pouvons essayer de résoudre le problème primaire aussi bien qu'un problème secondaire pour lequel il s'agirait de trouver un moyen de diminuer la masse de la bicyclette ce qui permettrait de lui ajouter des profils aérodynamiques.

-12- Indiquer ce qui peut, et ce qui ne peut pas, être modifié dans le système et expliquer les raisons de ces restrictions

- On ne peut pas remplacer la bicyclette par un autre type de véhicule.
- La sécurité ne doit pas être abaissée.
- Le confort de la bicyclette ne doit pas être détérioré en dehors du cas de la bicyclette de compétition.

-13- Évaluer l'ampleur des changements admissibles dans cette approche de reconception.

Des changements drastiques sont admissibles, sauf en ce qui concerne le coût et l'esthétique – la bicyclette doit continuer à ressembler à une bicyclette.

-14- Décrire les autres problèmes qui devraient être résolus s'il n'est pas possible de diminuer (ou d'éliminer) l'effet néfaste précédemment indiqué.

S'il est impossible de régler le problème de la résistance aérodynamique pour quelque raison que ce soit, il est possible d'envisager d'élever la vitesse en travaillant sur l'efficacité de la puissance de la transmission.

-15- Indiquer vos critères d'évaluation des solutions

- Une augmentation de la vitesse de la bicyclette de 10 à 15 % sans augmentation de l'effort réalisé.
- Aucun coût ne doit connaître une augmentation supérieure à 30%.
- Les investissements à réaliser dans le processus de fabrication pour mettre en œuvre la solution ne doivent pas dépasser 1 000 000 dollars.
- Le planning du projet devrait respecter les délais suivants :
 - 1 mois pour le développement des concepts de solutions
 - 6 mois pour évaluer les différentes solutions potentielles

-16- Décrire votre vision du résultat idéal

La bicyclette devrait permettre de voyager rapidement sans avoir subi d'importantes modifications de conception.

Annexe 4.2 : Guide de conduite de l'analyse du système et de son environnement en phase d'analyse du problème / Formulation orientée problèmes organisationnels.

Ce guide est destiné à faciliter la structuration de la phase d'analyse d'un intervenant utilisant la méthode d'amélioration dans un contexte industriel. Il se fonde :

- *sur le contenu du questionnaire employé par les consultants de la société IWB*
- *les natures et formes d'informations dont nous avons défini qu'elles étaient nécessaires à une compréhension claire des problèmes organisationnels*
- *l'analyse des réussites et échecs des pratiques mises en œuvre dans des expérimentations produits pour définir celles permettant une intégration facilitée de la méthode par les membres de l'entreprise.*
- *la prise en compte des recommandations issues méthodes managériales sur les organisations apprenantes.*

L'un de nos objectifs est que cette méthode puisse être intégrée dans les entreprises. Dans cette perspective, l'intervenant, qui dans nos expérimentations était étranger à l'entreprise, peut cette fois en être membre. Dans ce cas, cependant, il est important, afin de limiter la partialité même involontaire de cette personne, que ses fonctions courantes soient sans rapport avec celles des processus en cause dans l'étude.

Première partie : Découverte du problème

Personnes impliquées : Intervenant, responsable de projet Responsable de service à l'origine du projet
Forme : Entretien
Durée de la rencontre : Demi-journée

Cette première rencontre a pour objet de permettre à l'intervenant de découvrir le problème, son environnement au travers de la perception qu'en a le poseur de problème. Cette rencontre doit également lui permettre d'identifier quels sont les objectifs de son interlocuteur dans ce projet, et comment ces objectifs se positionnent par rapport aux objectifs de la direction.

Le poseur de problème présente le dysfonctionnement, son historique, son rapport avec l'entreprise. Éventuellement une visite de site est effectuée.

Au terme de cette première approche du sujet, l'intervenant et le poseur de problème, définissent ensemble :

- les représentants des fonctions, services, partenaires, clients, fournisseurs que l'intervenant doit rencontrer pour effectuer sa recherche d'informations. Le critère de choix de ces fonctions et personnes est de pouvoir obtenir les points de vue des différents groupes sociaux qui interviennent ou agissent sur le processus étudié.
- la liste des documents et informations disponibles dans l'entreprise pour compléter cette information (organigramme de l'entreprise, manuel qualité, rapports d'audit, analyse fonctionnelle du processus si elle existe déjà...)

Ils fixent également la date de leur prochaine rencontre destinée à valider la synthèse des informations réunies par l'intervenant et les éventuelles modifications de formulation du problème qui pourraient en découler.

Deuxième partie : Recherche d'informations

Personnes impliquées : Intervenant, responsable de projet Co équipier de l'intervenant Les représentants des fonctions intervenant dans le processus transversal
Forme : Prise de connaissance des documents formalisés Entretiens
Durées des entretiens : Une à deux heures
Outils supports : Questionnaire Q1

L'intervenant entame cette recherche d'informations en prenant connaissance des documents réunis et en rencontrant les différentes personnes identifiées lors de la réunion précédente.

Si possible l'intervenant ne rencontre pas seul les personnes interrogées mais avec un co-équipier également externe aux processus en causes.

Ces rencontres sont au préalable préparées par des prises de rendez-vous et un succinct rappel sur l'objet de l'étude et les raisons motivant la demande de rencontre.

Les éléments de description du problème réunis lors de la rencontre avec le poseur de problème servent de base de démarrage à la rencontre. Il s'agit de redéfinir le sujet et de repositionner le rôle de la fonction représentée par la personne dans le processus étudié.

Les demandes d'informations stipulées aux personnes interrogées sont celles rapportées dans le questionnaire Q1 :

Questionnaire Q1 :

- 1- **Explicitiez les opérations effectuées au sein du processus.**
- 2- **Indiquez les règles explicites et implicites de conduite des opérations.**
- 3- **Indiquez les durées et fréquences de répétition des opérations effectuées,**
- 4- **Indiquez les natures et formes de ressources nécessaires à la réalisation de ces opérations.**
- 5- **Précisez les disponibilités physiques et temporelles dont sont dotées ces ressources.**
- 6- **Indiquez les objectifs poursuivis lors de la réalisation de la mission.**

Lorsque ces différents points sont connus, il est demandé à la personne interrogée d'indiquer :

- 7- **Les problèmes rencontrés dans la réalisation de la mission**
- 8- **Les solutions déployées pour y remédier, les raisons de leurs échecs éventuels,**
- 9- **Les problèmes rencontrés dans la réalisation de sa mission.**
- 10- **Les évolutions souhaitées par rapport au mode de fonctionnement actuel.**

Troisième partie : Analyse et synthèse des informations recueillies

Personnes impliquées :

Intervenant, responsable de projet
Co équipier de l'intervenant
Poseur de problème

Forme :

Analyse, réflexion

Durée de la mise en forme :

Variable selon la complexité du problème : 2 à 5 jours

Outils supports :

Tableau de synthèse des opérations du processus transversal
Diagramme Fast
Analyse Fonctionnelle Interne
Tableau de synthèse sur les ressources
Modélisation SADT
Questionnaire Q2

Les informations recueillies sont regroupées dans un tableau de synthèse (annexe....) qui présente les différentes étapes du processus transversal dans lequel s'inscrit le problème identifié. Les différents processus fonctionnels formant le processus transversal sont représentés sous formes de flow charts soumis à revalidation auprès des personnes interrogées pour les constituer.

S'ils n'existent pas, un diagramme FAST du processus fonctionnel défaillant et une Analyse Fonctionnel sont réalisés. L'intervenant effectue ces études soit avec le partenaire ayant également pris part aux interviews soit avec un membre de l'entreprise choisi avec le poseur de problème.

Un tableau de caractérisation des formes et des positionnements spatio-temporel des ressources employées lors de la réalisation du processus fonctionnel en cause est réalisé (annexe....).

Enfin, une représentation SADT du processus fonctionnel en cause est rédigée.

L'association de ces différents documents permet d'obtenir une représentation de la structure et du fonctionnement du processus fonctionnel en cause (tableaux de synthèse des ressources, flow chart et modélisation SADT), des finalités que la direction et le niveau stratégique lui associe (analyse fonctionnel) mais également de son environnement (flow charts des différents processus fonctionnels constitutifs et leurs interactions avec le processus fonctionnel étudié).

L'ensemble de ces documents est présenté au poseur de problème, soumis à discussion et validation avant toute poursuite du projet.

Il est alors répondu avec le poseur de problème au questionnaire Q2.

Questionnaire Q2 :

-1- Nom du processus sujet de l'étude et de ses secteurs d'action

Cette question permet de situer l'ampleur de l'étude qui va être menée, au moins dans la vision qu'en a l'interlocuteur. Il s'agit d'établir si le problème est, à priori, considéré au niveau d'une opération, d'un processus fonctionnel ou d'un processus transversal. On cherche ici à identifier le niveau systémique d'intervention envisagée (ce qui ne présage en rien du niveau d'analyse systémique requis pour y répondre).

Les réponses apportées à cette question commencent à définir l'ampleur des modifications autorisées au regard du système existant.

-2- Identification de la Fonction Utile Primaire (FUP) à améliorer ou à intégrer.

L'objet de cette question est d'identifier, au moins de manière qualitative, la fonction du processus que l'on souhaite améliorer en résolvant le problème. Cette fonction à améliorer, ou à intégrer, n'est pas nécessairement la fonction principale du processus. Il s'agit donc bien ici de distinguer ces deux fonctions.

-3- Décrire les changements souhaitables

L'objet de cette question est d'obtenir une description du principe de résultat recherché, sans prise en compte, à ce stade, des contraintes induites par la réalité. Les réponses à cette question peuvent induire la redéfinition du problème immédiate ou envisageable pour la suite au travers de l'énoncé d'un problème secondaire.

-4- Indiquez les moyens ou méthodes connus ou généralement utilisés pour éliminer l'effet néfaste – Expliquez pourquoi vous ne pouvez pas (ou ne souhaitez pas les employer ici).

Définir, s'il en existe, les moyens, procédés, pratiques habituellement employés pour parvenir à la mise en œuvre du principe défini dans la question précédente.

Expliquez pourquoi ils ne peuvent pas être employés dans le cas présent.

-5- Indiquez ce qui peut ou ne peut pas être modifié dans le processus et expliquez les raisons de ces restrictions.

Dressez la liste des pratiques, composants et modes de gestion pouvant être modifiés et de ceux qui ne doivent pas l'être. Les réponses à cette question permettent d'établir les limites des solutions qui pourront être développées dans la suite de l'étude.

-6- Évaluez l'ampleur des changements admissibles et indiquez les critères d'évaluation des solutions.

Les changements évoqués ici ne concernent pas les fonctions que doit accomplir le processus mais les évolutions admissibles sur les attributs même de ce processus : nature des supports de transfert des flux, distribution des postes et fonctions, évolution du matériel....

Par ailleurs, l'intervenant doit chercher à obtenir des valeurs quantifiées de l'incidence de la fonction étudiée dans l'état présent du processus. Il doit également chercher à obtenir, du poseur de problème, les valeurs objectives que les solutions devraient permettre d'atteindre. Par ailleurs, l'intervenant doit chercher à positionner ces valeurs au regard des objectifs plus généraux de la direction.

A ce niveau de définition des objectifs, on notera que, comme dans le cas des systèmes technologiques, la réduction de coût ne peut être retenue ici comme un objectif direct. C'est parmi les facteurs constitutifs de ce coût, qu'il convient d'identifier les fonctions devant évoluer.

Lorsque les différents modes de représentation de l'existant ont fait l'objet d'un accord, ils sont intégrés dans un rapport explicatif et transmis aux différentes personnes consultées jusque là. Certaines d'entre elles peuvent ne pas être présentes dans la quatrième partie (groupe trop important, impossibilité de temps d'occupation...) dans tous les cas elles doivent cependant être tenues informées de ce qui a été fait des informations recueillies et des progressions de l'étude.

Quatrième partie : Construction d'une vision partagée et reformulation du problème

Personnes impliquées : Intervenant, responsable de projet Co équipier de l'intervenant Poseur de problème Les représentants des fonctions intervenant dans le processus transversal
Forme : Réunion
Durée : Entre deux et trois heures
Outils supports : Documents techniques remis avant la réunion

Le responsable de projet dirige une réunion d'échanges comprenant les différentes personnes interviewées, le poseur de problème et son co-équipier si cette fonction est présente dans le projet. On tente cependant de limiter le nombre de personnes présentes. Un groupe de plus de six personnes – intervenant non compris- peut devenir rapidement ingérable même avec le soutien du co-équipier dans ce groupe.

Le responsable de projet consacre une vingtaine de minutes à présenter et expliquer les données recueillies, mises en formes en phase 3 et qui ont été transmises aux membres de la réunion préalablement à sa tenue. Les différentes natures, origines et formes des informations fournies ainsi aux participants sont destinés à leur permettre de se construire une vision systémique du fonctionnement du processus fonctionnel étudié. Cette construction doit s'élaborer graduellement

dans la discussion.

Cette présentation ouverte à l'intervention des personnes présentes, à pour objet, une nouvelle fois, de valider les informations consignées mais également d'entraîner des échanges entre les différentes fonctions.

La présentation des résultats de l'analyse fonctionnelle repose la question des rôles et missions réels de chacun dans la réalisation du processus fonctionnel en cause. Ce sujet amène inmanquablement à une évolution de la vision des positions et responsabilités de chacun.

Les problèmes liés aux non disponibilités des ressources sont également rapidement mis en évidence et sources de réflexions pour les membres présents sur les solutions évidentes et rapides à déployer pour résoudre certains de ces problèmes.

Sur la base de ces échanges il est alors demandé à chaque participant sa formulation du problème. Les différentes propositions sont employées pour construire une formulation qui reflète la représentation commune au groupe. Cette formulation commune étant établie, l'animateur utilise l'effet néfaste ainsi énoncé pour emmener le groupe à construire un graphe de causalité représentant les phénomènes à l'origine du dysfonctionnement. Le formalisme employé est celui proposé par IWB. Le dysfonctionnement identifié est se traduit alors en un faisceau de sous problèmes interagissant pour entre eux pour provoquer son apparition. Cette forme simple de cette représentation doit permettre à chacun de « concrétiser » sa compréhension des phénomènes complexes étudiés.

Cette représentation ayant été effectuée et reconnue de tous il est demandé aux participants d'exprimer leur vision du résultat final idéal.

Cinquième partie : Recherche de concepts de solution

Personnes impliquées : Intervenant, responsable de projet Co équipier de l'intervenant Equipe de créativité (deux à trois personnes formées à TRIZ et/ou à l'utilisation d'outils de créativité)
Forme : Recherche créative
Durée : 3 à 5 séances de 2 heures
Outils supports : Outils de TRIZ Classique IWB

Une séance de créativité est organisée à l'extérieur de l'entreprise. Après une présentation rapide par le chef de projet du problème et de l'analyse qui en a été faite, il propose des modèles de ce problème sous la forme de différentes contradictions et modèles S-Field permettant de représenter les différents sous groupes mis en évidence dans le graphe de causalité. Chacun de ces sous groupes de dysfonctionnement est associé à la fonction technique du processus étudié et dont il gêne le bon déroulement.

Le groupe utilise alors les concepts de solutions proposés par la méthode pour concevoir des voies de solutions.

A l'issue de cette séance, le chef de projet et son coéquipier utilisent les propositions issues des opérateurs généraux de l'analyse du graphe proposée par IWB pour poursuivre la conception de voies

de solutions complémentaires.

Enfin, l'ensemble des voies de solutions (TRIZ Classique + IWB) est pris en compte, les solutions redondantes sont complétées et associées. Les voies de solutions ne satisfaisant pas aux critères définis par le poseur de problème (phase 1) sont éliminées. Les voies de solutions sont alors regroupées selon les fonctions techniques du processus fonctionnel qu'elles pourraient permettre d'améliorer.

Sixième partie : Elaboration et choix des solutions

Personnes impliquées : Intervenant, responsable de projet Groupe de travail impliqué dans l'analyse du problème Responsable de service Direction
Forme : Réunion Synthèse
Durée : Réunion : 2 heures Travail de synthèse : env. une semaine de travail
Outils supports : Grille de synthèse et matrice de cotation des solutions Algorithme de sélection et consolidation des solutions Flow chart Fiches Idées

Le responsable de projet propose au groupe de travail les différentes voies de solutions conçues. Celles-ci sont analysées, complétées ou rejetées par le groupe. Elles servent de base à une nouvelle recherche d'idées et d'adaptation.

A l'issue de cette réunion, le responsable de projet dispose de différents groupes de solutions dont chacun d'entre eux peut participer à la résolution du dysfonctionnement à l'origine de l'étude.

Il faut donc effectuer un tri des solutions qui prenne en compte leurs propriétés intrinsèques à résoudre l'un des sous problèmes mais également à s'associer avec les solutions partielles des autres groupes. Pour éviter un jugement subjectif de ces solutions, tel qu'obligatoirement un pur raisonnement cognitif peut amener, il faut parvenir à prendre en compte ces interactions. Le traitement appliqué pour intégrer cette dimension est celui rapporté dans l'annexe 2.10.

Lorsque les voies de solutions ont ainsi été sélectionnées ces propositions sont mises en formes avant d'être définitivement proposées au responsable de service.

Les modifications de pratiques opératoires sont représentées directement sur des flow charts représentant les nouveaux processus proposés

Les modifications concernant l'évolution des ressources (formation, acquisition informatique), des documents normatifs (procédures, manuel qualité...) sont présentées au moyen de Fiches Idées.

Ses propositions sont transmises sous cette forme au responsable de service et rediscutées avec lui. Une première évaluation des moyens à déployer pour leur application et les indicateurs de mesures de leur efficacité sont alors définis avec lui.

Une présentation de synthétique de l'ensemble du projet et des solutions qui en émanent est alors organisée entre la direction, le responsable de service et le responsable de projet. Un rapport de synthèse transmis préalablement à la direction permet d'utiliser cette réunion pour définir la suite à donner aux différentes propositions.

C'est alors à l'entreprise et aux personnes désignées pour reprendre les différents projets issus de l'étude de transmettre à l'ensemble des personnes ayant pris part à ce travail les choix et les moyens dégagés pour les mettre en œuvre. Cette transmission d'information devrait être menée sous la forme d'une réunion.

ANNEXE 5. Expérimentation N°1 - Connecteur - Valéo - ex Syléa.

<i>Annexe 5.1 : Renseignement du questionnaire</i>	<u>254</u>
<i>Annexe 5.2 : Analyse Fonctionnelle</i>	<u>257</u>
<i>Annexe 5.3 : Concepts de solutions issus des séances de créativité</i>	<u>261</u>
<i>Annexe 5.4 : Le tableau de choix</i>	<u>270</u>

Annexe 5.1 : Renseignement du questionnaire

1 Nommer le système technique, et les secteurs d'exploitation de ce domaine, faisant l'objet de la présente analyse.

- Fil cylindrique multibrin, sans dénudage, isolé.
- Une piste métallique de section ronde ou rectangulaire.
- Appareil électrique automobile gamme allant de 10 mA à 40 A voire 100 A.

2 Identifier la fonction utile primaire (FUP) à améliorer ou à intégrer dans le système.

FUP : faire passer le courant entre le fil et la piste.

3 Décrire la structure du système.

Boîtiers connectés et câblés présentés dans le corps du document.

4 Décrire l'environnement du système.

- Lors du process :
Au sein d'un atelier de câblage, sur une planche à câbler.
- Lors de l'utilisation :
 - Piste intégrée dans une boîte avec d'autres pistes, et sur lesquelles des composants sont enfichés ou soudés.
 - Fil inclus dans un faisceau.
 - Dans l'habitacle ou le compartiment moteur d'un véhicule.

5 Décrire les ressources du système.

- Fil cylindrique multibrin (donc souple)
- Isolant enrobant le fil
- Métal en feuille, donc à épaisseur constante.
- Boîtier en plastique supportant la piste.
- Energie électrique, pneumatique, doigts du monteur.
- Plastique du surmoulage.
- Surface étamée ou non.
- Temps : tout le montage, soit l'enfichage des deux bouts du fil => 20s au maximum.

6 Décrire le fonctionnement du système.

Une fois le système monté, le courant passe entre le fil et la piste.

7 Indiquer l'effet néfaste ou la contradiction qui est à l'origine du travail de conception. L'effet néfaste doit être éliminé (ou réduit) par la solution tout en préservant (ou en améliorant) la fonction utile primaire.

Le système actuel utilise *trois pièces* (languette, clip, connecteur) pour pouvoir faire passer le courant entre le fil et la piste. Les fonctions néfastes principales (FNP) que l'on peut extraire de l'analyse du problème sont :

- Trop grand nombre de pièces intermédiaires. FNP1.
- Manque de fiabilité (car plus il y a d'interfaces, plus il y a de problèmes de connexion). FNP2.

8 Après quels événements ou quelles étapes du développement cette situation est-elle apparue ? Est-il possible de revenir en arrière et de modifier l'orientation de développement prise, de façon à éliminer les inconvénients énoncés à la question 7 ?

Précédemment les fils étaient montés un par un à l'aide d'outil. Les options se multipliant sur les voitures, les fils ont été regroupés en faisceaux électriques de plus en plus complexes. Or pour limiter les temps de montage en câblerie, la solution initiale a été abandonnée et plusieurs pièces intermédiaires ont été ajoutées pour décomposer le montage en opérations élémentaires, plus rapides et plus simples.

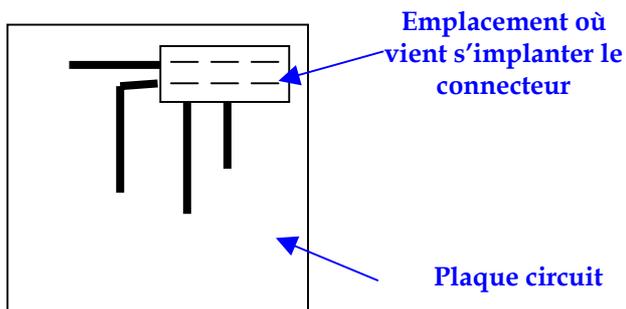
Il est difficile d'imaginer de demander aux constructeurs de réduire le nombre d'options...

9 Décrire le mécanisme qui cause l'effet néfaste si celui-ci est clair pour vous.

Les deux éléments à relier sont de nature, de technologie et de géométrie différentes et donc leur liaison nécessite actuellement des pièces intermédiaires afin que le processus global soit rapide et facile d'emploi pour un opérateur sans outils spéciaux.

10 Décrire les changements souhaitables (ce que l'on voudrait obtenir).

Avoir un minimum d'intermédiaires et n'être plus obligé de définir un endroit précis, imposé par le connecteur, sur la plaque circuit où implanter le fil.



11 Indiquer les moyens ou méthodes connus ou généralement utilisés (s'il en existe) pour l'élimination de l'effet néfaste - expliquer pourquoi vous ne pouvez pas (ou ne souhaitez pas) les employer ici.

- Soudure
- Déplacement d'isolant
- Sertissage direct sur la piste
- Colle conductrice
- Cin::apse
- Enfichage sans connecteur

On veut limiter les investissements car ils seraient à multiplier par le nombre de tables de montage. Donc on ne peut pas trop envisager des solutions de collage, de sertissage ou de soudure.

On limite les **risques qualité** lors de réparations, donc on évite les déplacements d'isolant

On ne peut pas imposer des **traitements coûteux** et trop de contraintes dimensionnelles (solutions type CIN : :APSE).

On ne doit pas **perdre trop de temps** lors du montage.

Enfin toutes les opérations doivent pouvoir être effectuées **manuellement**, donc les efforts de montage ne doivent pas être trop importants et pour l'instant on doit utiliser un connecteur car les efforts de mise en place sont acceptables, contrairement à ceux de l'enfichage d'un clip sur une languette:

- Enfichage d'un clip sur une languette : 10 N
- Mise en place d'un clip dans un connecteur : 1 N

12 Indiquer ce qui ne peut être modifié dans le système et expliquer les raisons de ces restrictions.

- On garde les métaux (pour le passage du courant).
- On garde un fil cylindrique, multibrin enrobé d'isolant, si possible en utilisant un fil standard.
- Dans le cadre de l'étude, on conserve le montage sur une planche à câbler.

1 Evaluer l'ampleur des changements admissibles dans cette approche de conception.

Des modifications sont admissibles tant qu'elles conservent la **qualité**, qu'elles améliorent le **coût général** et qu'elles contribuent à une **diminution de la masse et de l'encombrement**.

Il faut savoir que les investissements sont à penser en terme d'équipement de toutes les tables de montage de la câblerie. De fait, un montant unitaire trop important d'investissement s'avère très vite exorbitant au total. Il faut donc minimiser les investissements d'équipement des tables.

14 Décrire les autres problèmes qui devraient être résolus s'il n'est pas possible de diminuer (ou éliminer) l'effet néfaste précédemment indiqué.

Si l'on ne peut pas améliorer les coûts, il serait souhaitable de pouvoir au moins améliorer la facilité de montage et la modularité.

15 Indiquer vos critères d'évaluation des solutions.

- Les coûts (d'utilisation mais aussi des investissements en matériel)
- Facilité d'intégration dans le système actuel
- Souplesse d'utilisation
- Garantie du respect du cahier des charges édité par le constructeur automobile.

16 Décrire votre vision du résultat idéal

On prend le fil, on le met en place, le courant passe et la liaison répond au cahier des charges client en terme de tenue mécanique.

Annexe 5.2 : Analyse Fonctionnelle

➤ FONCTIONS DE LA LIAISON FIL-PISTE

Les fonctions sont issues du CdCF des systèmes de liaison internes de la boîte d'interconnexion qui comporte toutes les liaisons avec les fils

FP1 Relier électriquement les composants de la boîte d'interconnexion pour réaliser un schéma électrique

Dans l'étude qui nous intéresse ici, les composants concernés sont tous ceux qui sont reliés aux fils:

les fusibles à enficher	FP1-29
les relais à picots à souder	FP1-30
les relais à enficher	FP1-31
les composants à souder traversants	FP1-32
les circuits imprimés rigides	FP1-33
les circuits souples	FP1-34
les FFC	FP1-35
les fils	FP1-36
languettes ou clips connecteurs	FP1-44

Les FP1-33 à 35 concernent les liaisons fils-pistes

FP1-29 à 32 et FP1-44 concernent les liaisons avec les composants nous traitons ici le cas particulier où ces liaisons sont réalisées par l'intermédiaire de pistes en cuivre les pistes en cuivre sont issues, d'un circuit imprimé souple ou rigide, d'une piste découpée ou d'un circuit découpé.

la FP1-36 concerne la liaison fil-fil non traitée dans ce dossier

CRITERES:

- C1** résistance électrique
- C2** pouvoir positionner le fil unitairement
- C3** pouvoir mettre plusieurs fils sur le même point
- C4** pouvoir mettre un fil sur plusieurs points sur un même plan

FC1 permettre de composer la boîte en fonction du niveau d'équipement véhicule

CRITERES:

- C5** montage des fils indépendamment les uns des autres
- C6** montage a posteriori des fils par sous-ensembles indépendants les uns des autres

FC2 permettre des modifications de l'architecture électrique de façon simple

CRITERES:

- C7** facilité de modification des pistes pour ajouter un fil pendant la phase de production
- C8** facilité de modification pour ajouter un fil (boîtier, ...) pendant la phase de production

FC3 répondre aux normes et CdC des constructeurs en vigueur

- FC3-1 être logeable dans le volume défini
- FC3-2 permettre le remplacement des fusibles à enficher
- FC3-3 permettre le remplacement des relais à enficher
- FC3-4 permettre de débrancher les éléments connectés lors de l'intégration sur véhicule
- FC3-5 recyclable
- FC3-6 non polluant

CRITERES:

- C9 encombrement, surface projetée
- C10 hygiène câblage
- C11 accessibilité des fusibles enfichables (connexion par l'arrière sur circuit soudé)
- C12 efforts de démontage des fusibles
- C13 accessibilité des relais enfichables (connexion par l'arrière sur circuit soudé)
- C14 efforts de démontage des relais
- C15 déconnexion des éléments
- C16 recyclable
- C17 non polluant

FC4 être compatible avec les process de fabrication

- FC4-1 être fabricables en grande série
- FC4-2 résister au montage des composants en atelier
- FC4-3 permettre un assemblage en grande série
- FC4-4 permettre les opérations de contrôle
- FC4-5 être manipulables par l'opérateur
- FC4-6 permettre à l'opérateur de pouvoir réaliser la connexion des composants à assembler en câblerie
- FC4-7 permettre à l'opérateur de pouvoir s'assurer que les connexions des éléments extérieurs sont correctement réalisées
- FC4-8 résister au montage des composants en câblerie
- FC4-9 permettre le contrôle de la localisation des branchements réalisés par l'opérateur avant qu'ils ne soient irréparables.

CRITERES:

- C18 temps de fabrication des pièces
- C19 temps de montage
- C20 contrôle de localisation (au bon endroit) avant montage définitif, ou réparable
- C21 contrôle de positionnement (correctement monté)
- C22 manipulables (pas agressif, léger, ...)
- C23 pas fragile
- C24 compatible avec les équipements de câblerie

FC5 permettre d'obtenir le coût objectif

CRITERES:

- C25 nombre de pièces minimum
- C26 minimum de coût des pistes
- C27 minimum de préparation et traitement des pistes
- C28 simplicité des outillages de réalisation des pistes
- C29 minimum de traitements des fils
- C30 minimum de préparation des fils
- C31 simplicité et coût des outillages de montage des fils
- C32 minimum de coût des pièces de structure
- C33 nombre d'opération de montage
- C34 temps de montage

FC6 être intégrable, maintenu et isolé dans un "boîtier" d'interconnexion

CRITERES:

- C35 compatible avec les matériaux des fils
- C36 compatible avec les matériaux des pistes CI

- C37 compatible avec les matériaux des pistes découpées
- C38 compatible avec les matériaux des boites

FC7 résister aux environnements associés à chaque cycle de vie

- FC7-1 résister à l'environnement atelier
- FC7-2 résister à l'environnement transport
- FC7-3 résister à l'environnement stockage
- FC7-4 résister à l'environnement câblerie
- FC7-5 résister à l'environnement chaîne de montage
- FC7-6 résister aux perturbations électromagnétiques
- FC7-7 résister à l'environnement véhicule
- FC7-8 résister à l'environnement maintenance

CRITERES:

- C39 humidité
- C40 brouillard salin
- C41 fluides
- C42 poussière
- C43 mécanique fil/piste seul (arrachement, poussées, torsions,..)
- C44 vibrations (rupture, ...)
- C45 chocs
- C46 chute
- C47 température
- C48 chocs thermiques
- C49 tenue au feu
- C50 CEM (réception)

FC8 assurer le maintient mécanique des composants

- FC8-1 assurer le maintien des composants de la boite
- FC8-2 assurer le maintien des composants assemblés en câblerie

CRITERES:

- C51 tenue du fil à l'arrachement de manière globale

FC9 résister aux contraintes générées par les composants

- FC9-1 résister aux efforts transmis par les clips ou languettes lors du montage des connecteurs
- FC9-2 résister aux contraintes générées par les composants en fonctionnement

CRITERES:

- C52 mécanique (arrachement, poussées, torsions, dilatations, vibrations, ...)
- C53 température (échauffement induit par les composants)
- C54 température (échauffement du à l'effet joule dans la liaison fil piste)
- C55 dissipation de chaleur (dissipation et transmission de chaleur, notamment celle due à l'effet joule dans la liaison fil piste)

FC10 ne doit pas perturber le bon fonctionnement des composants

CRITERES:

- C56 résistance électrique (chute de tension)
- C57 résistance isolement (isolement, tension de claquage, ...)

- C58 micro coupures (fretting corrosion, isolement, ...)
- C59 CEM (transmission, émission)

FC11 ne doit pas perturber l'environnement

FC11-1 ne doivent pas générer ou amplifier des bruits audibles par le conducteur

FC11-2 ne doivent pas perturber les équipements du véhicule

CRITERES:

- C60 résistance électrique (chute de tension)
- C61 résistance électrique (isolement)
- C62 micro coupures
- C63 amortissement du bruit
- C64 CEM (transmission, émission)

Annexe 5.3 : Concepts de solutions issus des séances de créativité

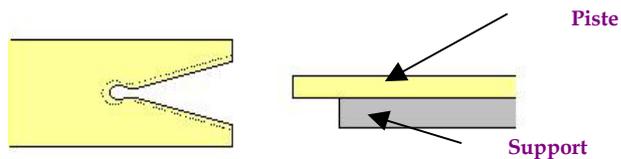
➤ L'utilisation de la matrice de contradiction nous a donné

35) Transformation des états physiques ou chimiques

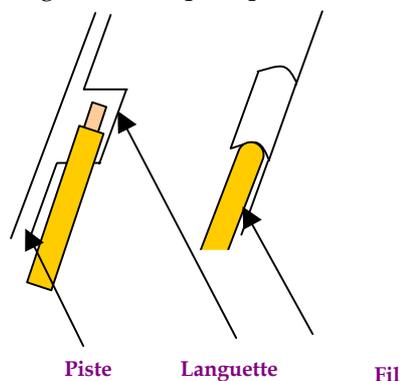
- 1 Faire fondre le fil avant de le poser sur la piste.
- 2 Si la température de fusion de la piste (T_{fp}) est supérieure à celle du fil (T_{ff}), on chauffe la piste à une température $T_{ff} < T < T_{fp}$.
- 3 Faire fondre la protection du fil qui assurera la liaison.
- 4 Patte conductrice.
- 5 Rigidifier le bout du fil pour pouvoir enficher le fil dans la piste.

2) Extraction

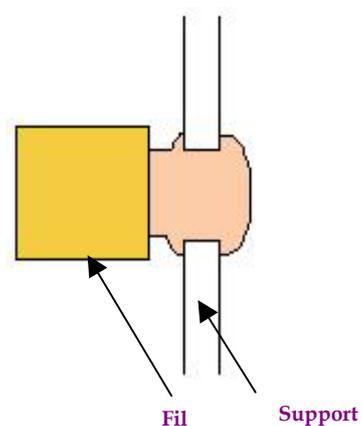
- 6 Déplacement d'isolant.



- 7 Extraire une languette de la piste pour sertir le fil dessus.



- 8 Faire un rivet avec le fil.



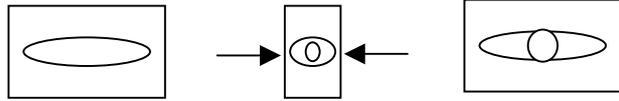
10) Action anticipée

9 Ecraser le fil pour faire une surface plane.

10 Cintrage

11 Emboutissage.

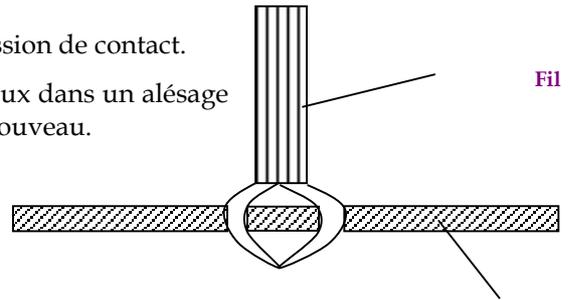
12 Piste en matériau élastique.



11) Segmentation

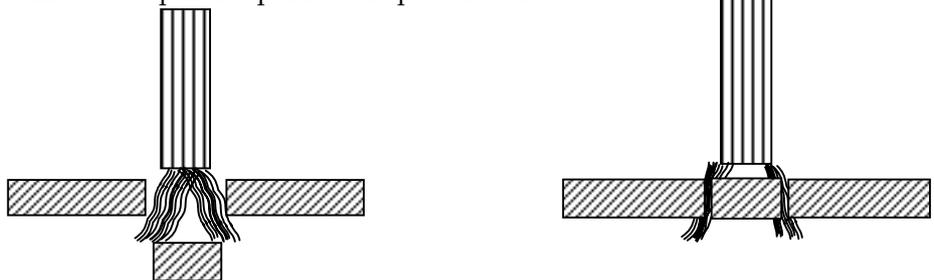
13 Sortir de la piste une patte qui assurera la pression de contact.

14 Séparer en deux brins le fil, passer chacun d'eux dans un alésage différent, puis les rejoindre et les solidariser de nouveau.

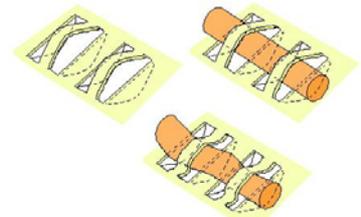


15 Eclatement du fil en tulipe, puis soudage de la dite tulipe sur la piste.

16 Coincement du fil dénudé par une partie de la piste mobile.

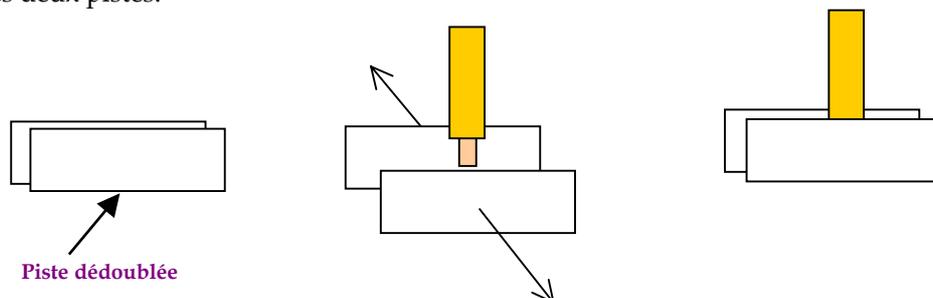


17 Enfichage du fil dans des languettes de la piste.

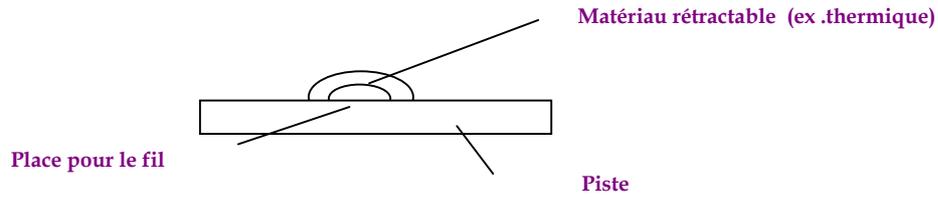


3) Changement de qualité locale

18 Dédoubler la piste en deux parties, entre lesquelles on insérerait le fil après avoir écarté les deux pistes.

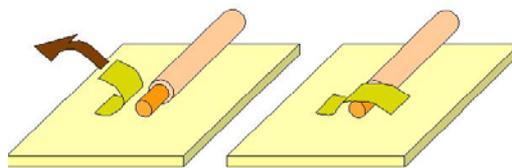


19 Rendre une partie de la piste rétractable qui viendrait serrer le fil.



20 Utiliser une languette bilame pour serrer le fil par élévation de température.

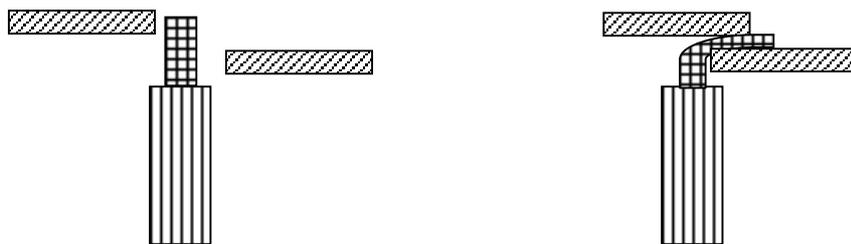
21 Faire des languettes sur la piste qui seraient élastiques. On soulève une languette puis on la relâche après avoir placé le fil.



22 Faire des languettes sur la piste qui ne seraient pas élastiques. On soulève la languette puis on passe le fil et on ressert la languette sur le fil.



23 On sépare la piste en deux couches qui coulissent entre elles. On place le fil entre les deux couches et on coulisse les couches pour bloquer le fil.



6) Universalité

24 Utiliser un plastique conducteur.

25 Utiliser une colle conductrice.

18) Vibrations

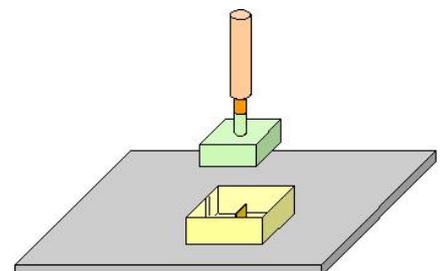
26 Soudage par ultrason.

27 Soudage par friction.

13) Inversion

28 Positionner tous les fils puis amener la plaque et souder.

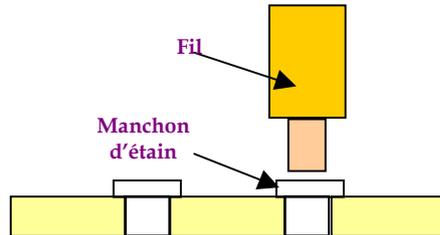
29 Positionner tous les fils puis amener la plaque et faire un déplacement d'isolant.



28) Remplacer le système mécanique

30 Mettre un élastomère conducteur sur la piste et le fil et faire une soudure entre les deux.

31 Mettre un manchon en étain sur la piste, souder le fil avec cet étain.



32 Soudage laser.

34) Penser éjectable ou régénérable

40) Utiliser des matériaux composites

33 Incorporer un fil en étain dans le fil.

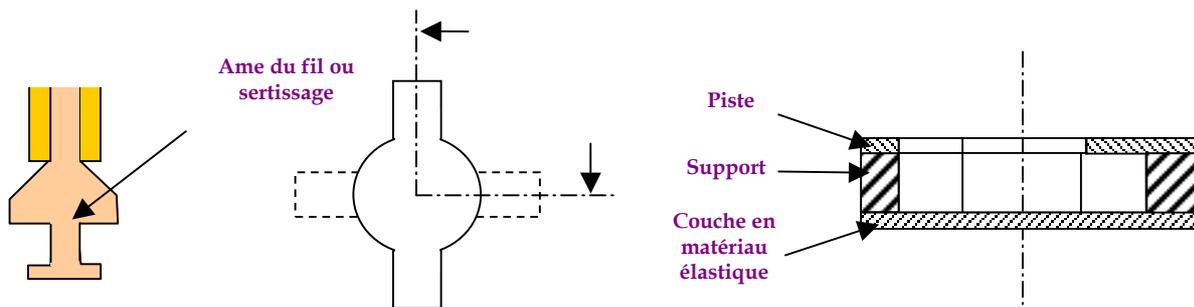
34 Fil à âme d'acier pour pouvoir assurer la rigidité de l'ensemble.

7) Insertion

35 Sertissage de l'alésage.



36 Tourner le fil d'un quart de tour pour pouvoir l'enf.



37 Réaction chimique entre deux éléments présents, l'un sur la piste, l'autre sur la plaque. Cette réaction serait, soit exothermique (soudure), soit permettrait de rigidifier l'ensemble en produisant un composé solide.

- L'utilisation des **principes de séparation** a conduit aux concepts suivants :

En pensant qu'il y a deux étapes importantes dans le processus d'assemblage, la première qui serait l'assemblage mécanique lui-même et la seconde qui serait l'utilisation de l'assemblage, nous avons

pensé séparer les deux étapes. On utiliserait donc un connecteur jetable qui faciliterait le montage, mais qui ne serrait d'aucune utilité lors de l'utilisation.

38 connecteur jetable

En pensant changer le système par un de ses sous systèmes, nous avons imaginé un clip qui ferait usage de connecteur individuel.

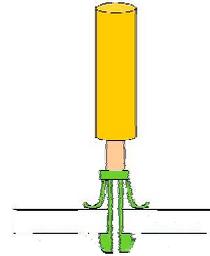
39 clip connecteur

- L'utilisation de l'algorithme de résolution des **diagrammes S-Fields** nous a donné :

1.21 : introduire une 3^{ème} substance entre S1 et S2 pour annihiler le champ nuisible.

Utiliser la solution de harpon.

40 harpon



1.22 : changer les deux substances pour annihiler le champ nuisible, introduire des vides, bulles, mousse... introduire un nouveau champ qui agirait comme une nouvelle substance.

(Modifier le fil et/ou la piste sans introduire d'éléments additionnels. Beaucoup de voies de solutions déjà imaginées rentrent dans cette catégorie : 4, 5, 6, 7, 8, 13, 17, 20, 21, 22, 23, 35)

1.24 : introduire un nouveau champ pour contrecarrer l'effet du champ nuisible ou pour améliorer l'effet positif du champ utile.

41 Introduire un champ magnétique qui permettrait la tenue mécanique (aimant).

42 Introduire un système de bobinage qui produirait des courants induits sur la piste et ferait donc passer le courant.

1.25 : si l'effet nuisible est causé par un champ magnétique, chauffer le matériau magnétique au-dessus de son point de Curie ou introduire un champ magnétique opposé.

(L'effet nuisible n'étant pas causé par un champ magnétique, cette solution standard ne s'applique pas.)

5.111 : introduire un vide à la place d'une des substances.

(Cela revient à supprimer une pièce intermédiaire, c'est ce que l'on voudrait arriver à faire mais cela ne nous aide pas à trouver une solution au problème.)

5.112 : introduire un champ en lieu et place d'une substance.

(Changer une substance en un champ cela revient à supprimer ce champ, c'est encore une fois ce que l'on cherche à faire, mais cela ne nous aide pas à trouver une solution spécifique)

5.113 : application d'un additif externe en lieu et place d'un additif interne.

5.114 : application d'une petite quantité d'un additif très actif.

(Utiliser de la colle conductrice, voie de solution 25)

(Utiliser des points de soudure, voie de solution 31)

5.115 : application d'une petite quantité de l'additif usuel en localisant son action plus précisément.

(L'utilisation d'un connecteur assure déjà un positionnement localisé.)

5.116 : application d'un additif temporellement.

(On retrouve toutes les voies de solution que nous avons pu imaginer d'écoulant du principe de pièce jetable, principe ressorti de l'utilisation de la matrice de contradiction.)

5.117 : utilisation d'une copie ou d'un modèle de l'objet qui nous permettra d'introduire des additifs en lieu et place de l'objet.

(On retrouve toutes les voies de solution que nous avons pu imaginer à partir du principe de la matrice de contradiction qui préconisait l'emploi d'une image.)

43 Créer un système n'utilisant que des fils en supprimant les pistes. Les fils seraient reliés directement aux composants.

5.118 : obtention de l'additif requis par utilisation de produits chimiques.

(Soudage chimique, voie de solution 37)

5.119 : obtention de l'additif par décomposition de l'environnement ou par décomposition de l'objet lui-même. Par exemple par électrolyse ou par modification de la phase de l'objet.

(On retrouve beaucoup de voies de solution que l'on avait pu imaginer auparavant :

Quart de tour, 36

Rigidifier le bout du fil, 5

Soudure par friction, 27)

5.12 : « bifurcation » de la substance.

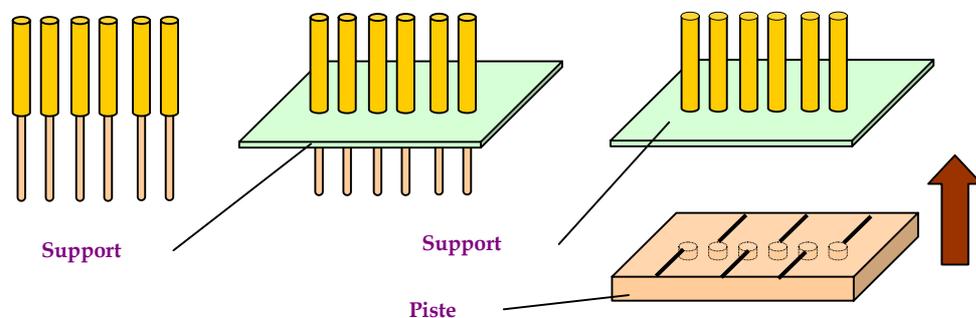
(On retrouve la solution de diviser le fil en plusieurs brins, 14)

(Il y a aussi la solution de diviser la piste, 16, 18, 23.)

5.13 : auto élimination de la substance sortante.

5.14 : introduction de beaucoup de substance.

Placer les fils sur la plaque puis noyer le tout avec une substance rigidifiant l'ensemble.



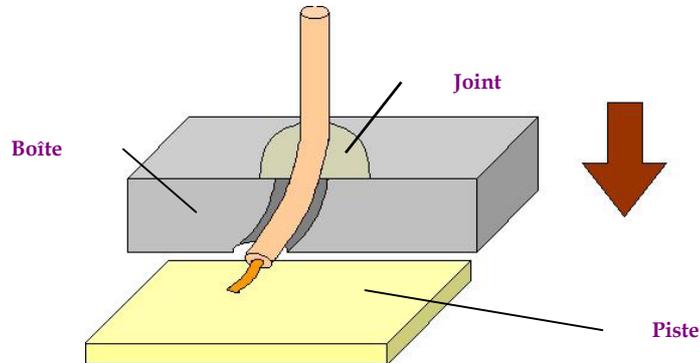
44 piste moulée entourant les fils

5.21 : application de champs pluriels.

(Pièces qui assurent les fonctions mécaniques et électriques : sertissage par languette, 7)

5.22 : introduction de champ provenant de l'environnement.

Utilisation de la boîte pour assurer la tenue mécanique de l'ensemble.



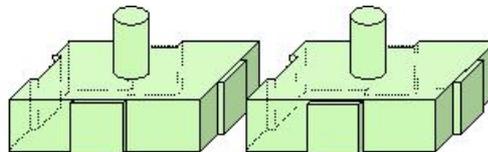
45 boîte assurant la liaison mécanique par pression

5.23 : utilisation de substance pouvant être source de champ.

5.51 : obtention de particules de substance par décomposition.

46 Connecteur unique qui se décompose en plusieurs parties qui peuvent être implantées par la suite à différents endroits de la plaque.

5.52 : obtention de particules de substance par adjonction.



47 Former le connecteur par réunion des différents clips, comme un puzzle.

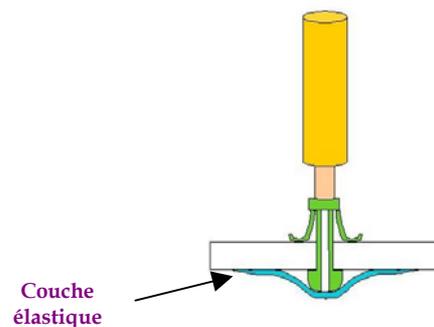
5.53 : application des solutions précédentes 5.51 et 5.52.

➤ Utilisation des logiciels

Module Effect

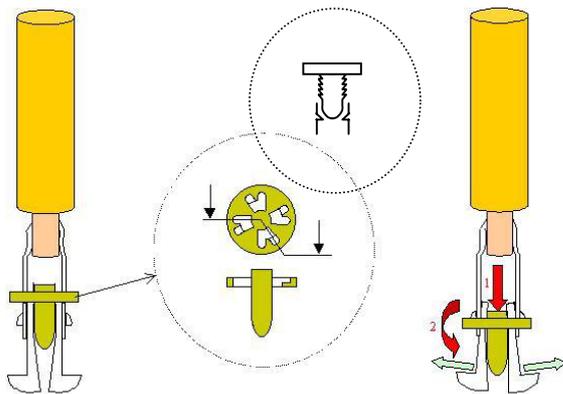
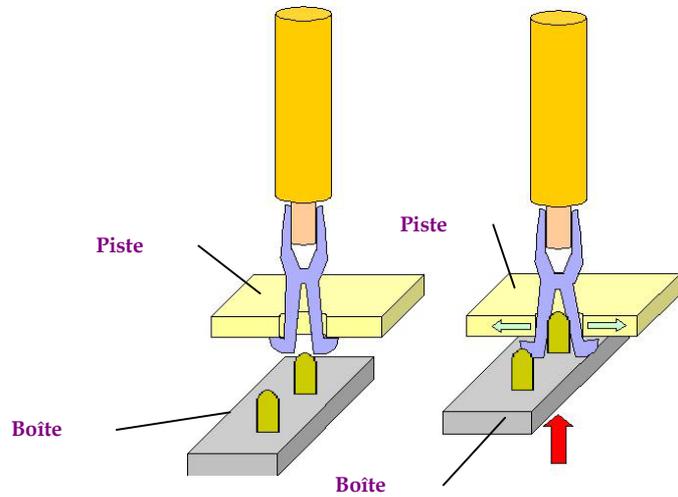
L'utilisation de la base de données des logiciels nous a donné :

Mettre sous la plaque ou, plus ponctuellement, sous les trous, une couche élastique qui assurera la pression de contact entre, par exemple, le harpon et la piste.



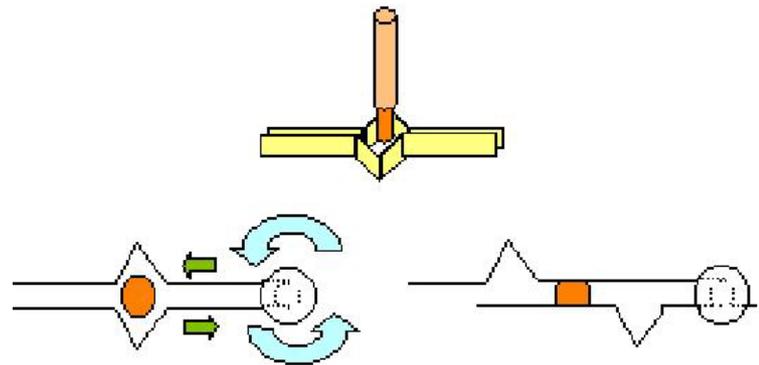
48 Utiliser une couche de matériau élastique

Pour assurer une pression de contact entre le harpon et l'alésage dans lequel il est inséré, on utiliserait un coin pour écarter les différentes parties du harpon. Ces coins pourraient être mis un par un ou alors ils seraient déjà implantés dans le fond du boîtier, la fermeture du boîtier écarterait d'un seul coup tous les harpons. Le coin pourrait aussi être une pièce du harpon. Après avoir passé le harpon dans l'alésage, on ferait coulisser le coin interne pour écarter les dents du harpon.

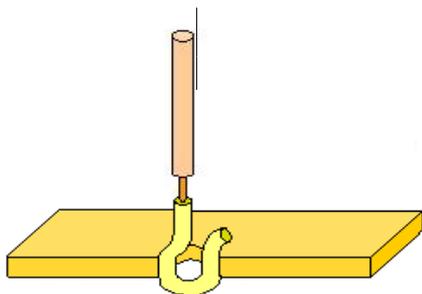


49 Utiliser un coin pour écarter les pattes de contact

Pour assurer à la fois la tenue mécanique et le passage du courant, on pourrait utiliser un système de verrouillage. Dans un premier temps on placerait les fils entre deux parties coulissantes de la plaque, l'espacement de ces deux parties étant suffisant pour passer le fil. Mais dans un second temps on ferait coulisser les deux parties ce qui resserrerait les deux plaques et bloquerait le fil.



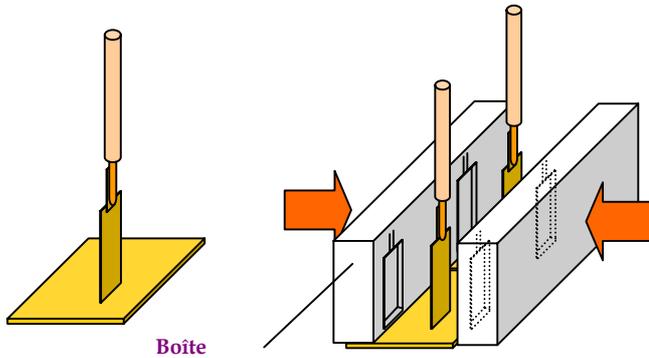
50 utiliser un système de verrouillage pour écraser les fils sur la piste



Un clip métallique serti sur le fil aurait des caractéristiques mécaniques suffisantes pour assurer une fonction ressort. Le passage du courant devant cependant se faire par le clip en acier.

51 utiliser un clip ayant des propriétés élastiques

En ayant toujours pour idée de serti le fil directement sur un élément de la piste, nous avons imaginé d'utiliser la fermeture de la boîte pour fournir la force nécessaire au sertissage. Ainsi à l'aide d'un connecteur jetable on placerait les fils le long des languettes à serti de la piste. La boîte composée de deux éléments se refermerait en sertissant le fil sur la languette.

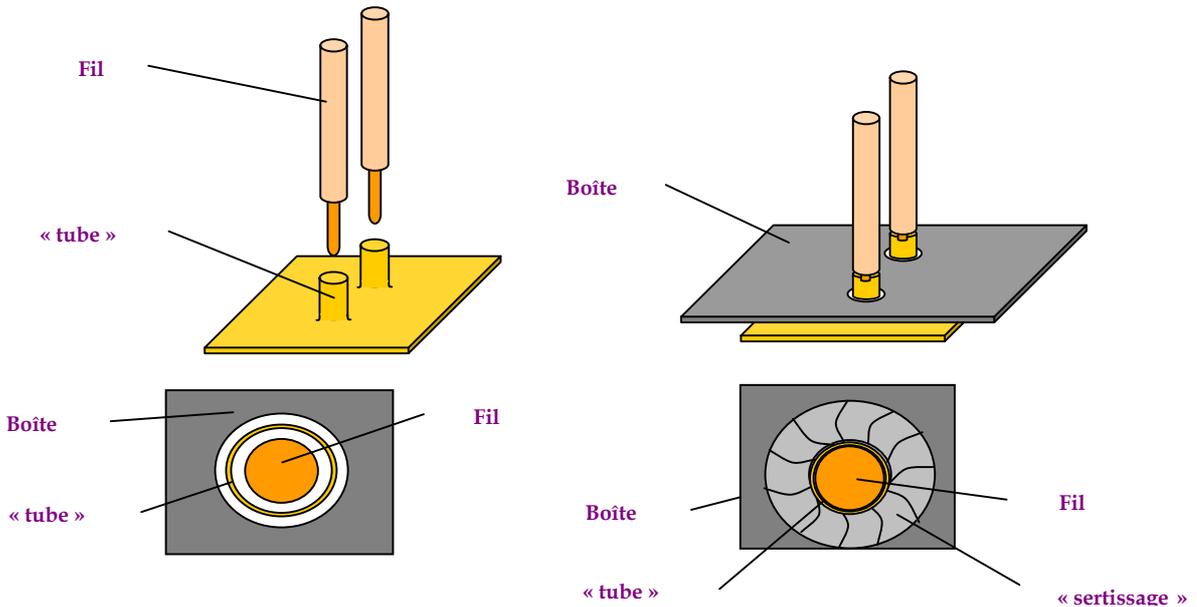


52 utiliser la fermeture de la boîte pour assurer le contact entre le fil et la plaque

Nous avons aussi imaginé de faire ressortir des tubulures de la piste, d'un diamètre suffisant pour y faire passer le fil. Aux tubes correspondraient des trous dans la boîte, afin que chaque tube puisse accueillir son fil la boîte déjà refermée. Une fois que tous les fils seraient installés dans leur tube, un

système d'obturation sertirait les fils sur leur tubulure.

53 utiliser un système « d'obturateur »



Annexe 5.4 : Le tableau de choix

Solutions	N° critère	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	
	Critère	résistance électrique	pouvoir positionner le fil unitairement	pouvoir mettre plusieurs fils sur le même point	pouvoir mettre un fil sur plusieurs points sur un même plan facilement	montage des fils indépendamment les uns des autres	montage à posteriori des fils par sous ensembles indépendants les uns des autres	facilité de modification des pistes pour ajouter un fil pendant la phase de production	facilité de modification pour ajouter un fil (boîtier, ...)	pendant la phase de production	encombrement Surface projetée	hygiène câblage	accessibilité des fusibles et relais (connexion par l'arrière sur circuit soudé)
	Niveau	appréciation	oui ou non	oui ou non	oui ou non	oui ou non	oui ou non	appréciation	appréciation	appréciation	appréciation	oui ou non	
	Pondération	8	8	2	1	4	1	4	4	4	8	2	2
Note mini	44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Moyenne	88	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Note maxi	176	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1	104	2	4	2	2	4	2	2	2	1	0	4	
2	96	1	4	1	4	4	2	2	2	1	0	4	
3	137	4	4	2	4	4	1	2	4	2	0	4	
4	159	4	4	2	2	4	1	4	4	4	0	4	
5	80	2	2	4	2	2	2	1	2	1	0	4	
6	97	1	4	2	4	4	1	2	2	1	0	4	
7	158	4	4	2	1	4	1	4	4	4	0	4	
8	149	4	4	4	4	4	1	4	4	2	0	4	
9	111	1	4	2	2	4	1	4	4	1	0	4	
10	100	2	4	2	2	4	2	2	2	1	0	2	
11	112	1	4	2	2	4	2	4	4	1	0	4	
12	137	4	4	4	2	4	1	1	2	4	0	1	
13	103	1	2	2	1	2	2	4	2	4	0	4	
14	127	2	4	2	2	4	1	4	4	2	0	4	
15	75	1	2	2	1	2	2	2	1	2	0	4	

Solutions	N° de critère	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22
	Critère	déconnexion des éléments	recyclable	non polluant	temps de fabrication des pièces	temps de montage	Contrôle de localisation (au bon endroit) avant montage définitif ou réparable	contrôle de positionnement (correctement monté)	manipulables (pas agressif, léger, ...)	pas fragile	compatible avec les équipements de câblerie	nombre de pièces minimum
	Niveau	oui ou non	oui ou non	oui ou non	appréciation	appréciation	oui ou non	oui ou non	appréciation	appréciation	appréciation	appréciation
	Pondération	2	8	8	2	4	8	8	4	4	4	4
Note mini	100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Moyenne	200	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Note maxi	400	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1	160	0	0	0	2	2	2	2	0	0	2	1
2	172	0	0	0	2	2	2	4	0	0	2	2
3	193	0	0	0	2	2	1	2	0	0	1	4
4	223	0	0	0	2	2	1	4	0	0	1	2
5	128	0	0	0	2	2	2	1	0	0	2	1
6	137	0	0	0	2	2	1	1	0	0	2	1
7	198	0	0	0	2	1	1	2	0	0	1	1
8	193	0	0	0	2	1	1	2	0	0	1	2
9	159	0	0	0	2	2	1	2	0	0	2	1
10	156	0	0	0	2	2	2	2	0	0	2	1
11	172	0	0	0	2	2	2	2	0	0	2	2
12	207	0	0	0	1	2	4	1	0	0	1	4
13	171	0	0	0	2	2	4	1	0	0	2	2
14	183	0	0	0	2	2	2	2	0	0	2	1
15	123	0	0	0	2	2	2	1	0	0	2	1

Solutions	N° de critère	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33
	Critère	minimum de coût des pistes	minimum de préparation et traitement des pistes	simplicité des outillages de réalisation des pistes	minimum de traitements des fils	minimum de préparation des fils	Simplicité et coût des outillages de montage des fils	minimum de coût des pièces de structure	nombre d'opération de montage	temps de montage	compatible avec les matériaux des fils	compatible avec les matériaux des pistes CI
	Niveau	appréciation	appréciation	appréciation	appréciation	appréciation	Appréciation	appréciation	appréciation	appréciation	oui ou non	oui ou non
	Pondération	4	4	2	4	4	2	4	4	4	4	8
Note mini	148	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Moyenne	296	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Note maxi	592	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1	246	1	2	1	2	1	2	4	2	2	2	1
2	286	2	4	1	2	4	4	4	2	2	2	1
3	295	2	4	2	2	2	1	4	2	2	2	1
4	321	2	4	2	2	1	1	4	2	2	2	1
5	210	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1
6	245	4	2	2	1	2	2	4	2	2	2	2
7	328	4	4	2	2	2	1	4	2	1	2	4
8	315	4	4	4	2	2	1	4	2	2	2	2
9	267	4	2	2	2	1	2	4	2	2	2	2
10	280	4	2	2	2	1	2	4	2	2	2	4
11	280	4	2	2	2	1	2	4	2	2	2	2
12	291	1	4	1	2	2	1	2	2	1	2	1
13	271	4	2	4	1	2	2	1	2	2	2	2
14	291	4	2	2	2	1	2	4	2	2	2	2
15	215	4	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2

Solutions	N° de critère	C34	C35	C36	C37	C38	C39	C40	C41	C42	C43	C44
	Critère	compatible avec les matériaux des pistes découpées	compatible avec les matériaux des boîtes	humidité	brouillard salin	fluides	Poussière	mécanique fil/piste seul (arrachement, poussées, torsions, ...)	vibrations (rupture, ...)	chocs	chute	température
	Niveau	oui ou non	oui ou non	appréciation	appréciation	appréciation	Appréciation	appréciation	appréciation	appréciation	appréciation	appréciation
	Pondération	8	1	2	2	2	2	2	8	8	8	8
Note mini	199	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Moyenne	398	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Note maxi	796	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1	322	4	0	2	2	0	0	2	2	0	0	2
2	360	4	0	4	4	0	0	1	1	0	0	2
3	415	4	0	4	4	0	0	4	4	0	0	4
4	441	4	0	4	4	0	0	4	4	0	0	4
5	278	4	0	2	2	0	0	2	1	0	0	2
6	311	4	0	2	2	0	0	1	1	0	0	2
7	424	4	0	4	4	0	0	4	1	0	0	4
8	411	4	0	4	4	0	0	4	1	0	0	4
9	341	4	0	2	2	0	0	1	2	0	0	2
10	356	4	0	2	2	0	0	2	2	0	0	2
11	354	4	0	2	2	0	0	1	2	0	0	2
12	355	1	0	4	4	0	0	4	2	0	0	2
13	333	4	0	1	1	0	0	1	2	0	0	1
14	367	4	0	2	2	0	0	2	2	0	0	2
15	273	4	0	2	2	0	0	1	1	0	0	1

Solutions	N° de critère	C45	C46	C47	C48	C49	C50	C51	C52	C53	C54	C55
	Critère	Chocs thermiques	tenue au feu	tenue du fil à l'arrachement global	mécanique (arrachement, poussées, torsions, dilatations, vibrations, ...)	température (échauffement induit par les composants)	Dissipation de chaleur (échauffement du à l'effet joule dans la liaison fil piste)	résistance électrique (chute de tension)	résistance isolement (isolement, tension de claquage, ...)	micro coupures (fretting corrosion, isolement, ...)	CEM émission	amortissement du bruit
	Niveau	appréciation	appréciation	appréciation	Appréciation	appréciation	Appréciation	Appréciation	appréciation	appréciation	appréciation	appréciation
	Pondération	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4
Note mini	283	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Moyenne	566	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Note maxi	1132	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1	426	2	0	1	1	2	4	2	0	1	0	0
2	480	2	0	1	1	2	4	1	0	4	0	0
3	623	2	0	4	4	4	4	4	0	4	0	0
4	617	2	0	2	2	4	4	4	0	4	0	0
5	406	2	0	1	1	2	4	2	0	4	0	0
6	407	2	0	1	1	2	4	1	0	1	0	0
7	624	1	0	4	4	4	4	4	0	4	0	0
8	611	1	0	4	4	4	4	4	0	4	0	0
9	437	2	0	2	2	2	2	1	0	1	0	0
10	468	2	0	2	2	2	2	2	0	2	0	0
11	434	2	0	1	1	2	2	1	0	1	0	0
12	515	2	0	2	2	2	4	4	0	4	0	0
13	397	1	0	1	1	1	2	1	0	1	0	0
14	479	2	0	2	2	2	2	2	0	2	0	0
15	337	1	0	1	1	1	2	1	0	1	0	0

ANNEXE 6. Expérimentation N°2 - Processus de lancement des ordres de Fabrication - Cartonnages Guillaume.

<i>Annexe 6.1 : Compte rendu des entretiens effectués en juillet 2000 dans les Cartonneries Guillaume</i>	<u>2766</u>
<i>Annexe 6.2 : Questionnaire d'analyse du problème d'ordonnancement de l'atelier de fabrication automatique</i>	<u>2844</u>
<i>Annexe 6.3 : Recommandations de IWB</i>	<u>289</u>
<i>Annexe 6.4 : Regroupement des concepts de solutions obtenus</i>	<u>2922</u>

Annexe 6.1 : Compte rendu des entretiens effectués en juillet 2000 dans les Cartonneries Guillaume

➤ Introduction

Le document qui suit est une synthèse effectuée à la suite des entretiens qui ont été menés avec les différents acteurs de l'entreprise intervenants dans les processus amont à la fabrication. Ces interviews ont donc concerné les personnes ayant en charge les fonctions suivantes :

- Direction
- Services commerciaux et technico-commerciaux
- Conception de produits et élaboration de maquettes.
- Devisage
- Méthodes / Ordonnancement / Lancement
- Achats / Approvisionnement
- Réception et stockage des matières premières

Chacune des personnes rencontrées a été interrogée sur :

- la nature des actions qu'elle effectue dans le cadre de sa mission
- les natures et formes des informations qu'elle reçoit, gère et transmet aux autres fonctions
- les objectifs qui lui ont été assignés dans le cadre de la réalisation de sa mission
- les objectifs qu'elle se donne les changements souhaitables pouvant lui faciliter l'atteinte de ces objectifs.
- Les documents et moyens informatiques utilisés dans le cadre de l'exercice de ses missions.

Les flow charts présentés en annexes de ce document ont été élaborés sur la base des réponses obtenues. Cela ne signifie qu'ils représentent l'exacte réalité ni que ces processus soient immuables. L'objet de cette formalisation est avant tout d'établir un support commun de réflexion et de travail pour un éventuel groupe de travail.

Les réflexions qui suivent doivent être vues suivant le même esprit.

➤ Analyse individuelle des processus amonts à la fabrication

A- Processus de traitement des consultations clients

1/ Relations définitions de postes selon organigramme / missions effectivement exercées

- L'organigramme ne fait pas apparaître la fonction commerciale exercée vis à vis des clients Luxe (notamment avec Hermès qui représente 40% du CA consacré à la fabrication des boîtes). De façon générale, aucune distinction relative aux différentes natures d'activités / produits gérés par l'entreprise ne ressort dans l'organigramme. Les interviews font cependant apparaître les catégories suivantes :
 - Boîtes « luxes » (Hermès, Inter parfums, Lalique, Cognac... qui peuvent être fabriquées en habillage automatique ou manuel suivant la taille de la commande – automatique si série supérieure à 1000 unités).
 - Boîtes « courantes » (type vidéo essentiellement commandées par des centrales)
 - L'activité de négoce.

La distinction de ces différentes natures d'activités, qui induisent des conditions commerciales et des rentabilités différentes, n'apparaissent ni dans l'organigramme ni au travers de formalismes spécifiques de processus et critères de qualification des produits en fabrication.

- L'organigramme actuel relie directement les fonctions de conception de produits (conception/ création de maquettes) à la Direction Commerciale sous l'entité « Chef des ventes ». Dans les faits, cette orientation se traduit par une réponse « commerciale » de la conception pouvant gêner l'industrialisation future du produit. Ainsi l'entreprise est amenée à gérer une grande diversité de cartons utilisés pour les fonds de boîtes. Une conception plus orientée industrialisation pourrait permettre une plus grande standardisation de ces cartons.
- Dans l'organigramme, la maquettiste est reliée hiérarchiquement au maquettiste ayant en charge la sous-traitance du thermoformage. Dans les faits, chacun d'entre eux travaille avec une équipe commerciale distincte sans qu'il soit apparu une relation hiérarchique entre eux. Cependant, si chacun d'entre eux semble occuper globalement des fonctions similaires l'un pour les clients luxe, l'autre pour les centrales, leurs méthodes et actions sont différentes. L'un réalisant lui-même les maquettes, l'autre les sous traitant à l'atelier d'habillage manuel. L'un utilisant le logiciel 2D pour éditer des plans cotés, l'autre éditant les plans non cotés, la cotation étant ensuite effectuée dans ce cas par le coloriste. Il n'apparaît donc ni relation hiérarchique entre les deux personnes, ni contrôle/gestion de l'activité ni standardisation des processus.

2/ Flux d'informations inhérents au processus

On trouvera dans les sous parties suivantes des annexes les flux d'informations, les supports qui les permettent, ainsi que les données dont ils sont porteurs, entre les différentes fonctions qui articulent le processus à l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise ainsi que les liens qui les relient avec les autres fonctions de l'entreprise (données transmises et reçues).

- Liaisons entre les acteurs
 - Qu'il s'agisse des relations internes à l'entreprise ou entre l'entreprise et son environnement extérieur, les communications sont, le plus souvent, informelles. En fait, même lorsque des documents ont été créés pour formaliser une demande, un besoin, ils restent souvent inutilisés (fiches clients pour les commerciaux par exemple qui sont soit inutilisées soit non totalement renseignées) d'où des manques fréquents de données pour les concepteurs et deviseurs qui nécessitent de rappeler le client, ou d'attendre du commercial qu'il apporte des éléments supplémentaires ou encore ces lacunes peuvent être à l'origine d'erreurs de conception.
 - Cette absence de formalisme fait qu'il n'existe pas réellement de procédures d'archivage des informations et donc, par exemple, pas de suivi réel des prestations sous traitants tant en terme de coût, de délais que de qualité, ni de gestion réelle de ces sous traitants. En conséquence pas de possibilité de profiter autrement que par la mémoire humaine de retours d'expériences ni d'éléments de négociation.
 - Ce manque de formalisme entraîne également une grande difficulté à évaluer les délais requis pour chacune des transactions tant en terme de délais demandés qu'en terme de délais effectifs. Sous quel horizon demande-t-on au sous traitant de répondre à l'appel d'offre ? Quel est l'effectivité de sa réponse ? Chaque cas est particulier.

- Par ailleurs, alors que l'acheteur va tenter de gérer ses approvisionnements pour satisfaire à des réductions de coûts, les objectifs des acteurs du processus actuel dans leurs négociations avec les fournisseurs / sous traitants, vont être, en premier lieu, les qualités des produits et les délais assurés par les fournisseurs.
- Natures des supports informationnels employés
 - Les échanges entre les différents acteurs se font uniquement sous formes orale ou écrite. Pourtant certaines des informations transmises sont issues de supports informatiques. Cependant, il y a une complète hétérogénéité des moyens informatiques utilisés.
 - Le service conception utilise un logiciel 2D pour la création des plans de boîtes. Hors, pour tout ce qui est thermo formage il est nécessaire de disposer des plans 3D des objets à ranger afin de créer les moules. Les plans 2D fournis à l'entreprise sous traitante sont donc insuffisants pour un travail complet. Lors de la consultation les sous traitants travaillent donc, soit par évaluation, soit en demandant des échantillons des objets ou encore en s'adressant directement aux concepteurs des objets afin d'obtenir des fichiers de définition 3D. Résultat : pertes de temps et risques de non-qualité.
 - Par ailleurs, dans le cas où une maquette doit être réalisée les maquettistes doivent également obtenir des échantillons des produits afin de reproduire manuellement les formes à ranger. Dans ce cas cette phase de réalisation de la maquette devient, en temps passé, l'une des étapes majeures de la création.

- Natures des informations échangées

Le service commercial n'emploie pas du tout l'informatique. Tandis qu'aucune autre fonction de l'entreprise n'a accès aux plans créés par la conception qui elle même n'utilise pas TELNET - logiciel de GPAO employé par l'entreprise. De ce fait, une part importante de la fonction Devis, pour ce type de commande, est en fait destinée à compiler les informations issues des clients, des commerciaux et de la conception afin de renseigner TELNET (après avoir auparavant traité une partie de ces données sur EXCEL en raison des insuffisances de TELNET) afin d'éditer un devis.

Il résulte de cette situation des pertes de temps et de données.

- Synchronicité informations/actions
 - De façon générale, sur ce seul processus, on constate que différents acteurs peuvent être à l'origine de transmissions ou de demandes d'informations de même nature provoquant des redondances et dispersions d'informations.
 - Les demandes transmises à la fonction conception peuvent être issues soit directement du commercial soit de la fonction devis. De même, et alors que le processus décrit ici n'intègre pas la fonction achat/approvisionnement, on constate que déjà deux fonctions interviennent sur ce processus d'achat / approvisionnement ce qui ne peut pas se faire sans gêner ensuite l'acheteur dans son travail ne serait-ce que par le manque de maîtrise de son poste que cela va lui procurer vis à vis de son fournisseur.

B- Processus de traitement des commandes clients

B1/ Relations définitions de postes selon organigramme / missions effectivement exercées

- L'enregistrement des commandes est traité en fonction de la nature du client par un poste intitulé technico commercial et un poste nommé devisage.

- Ce sont les deviseuses qui, par estimation d'un temps de cycle moyen de fabrication, fournissent un délai de livraison au client.
- Des contacts peuvent être établis entre des fournisseurs et la personne en charge de la mission d'enregistrement des commandes sans intervention de la fonction achat - approvisionnement.
- L'organigramme met en évidence l'absence d'un lien hiérarchique de coordination entre les fonctions achats -approvisionnement / méthode - ordonnancement - lancement / gestion des magasins de matières premières.
- La fonction ord.- méth. - lance est dans ses missions essentiellement méthodes.
- l'absence de relations BE / Méthodes oblige les méthodes à consulter le B.E. pour compléter ou modifier les dossiers de fabrication.
- La déconnexion B.E. / Fabrication peut donner lieu à une méconnaissance de la faisabilité industrielle du produit conçu.

B2/ Flux d'informations inhérents au processus

- Liaisons entre les acteurs
 - A nouveau un grand nombre d'échanges sont écrits ou oraux même lorsque les deux fonctions communicantes utilisent des moyens informatiques communs (devisage - méthodes : TELNET) et cela parce que ces logiciels ne permettent pas d'intégrer toutes les données. Notamment les données issues de la conception ne peuvent pas circuler autrement : dessins en DAO non consultables ailleurs qu'au BE et caractéristiques produit renseignées uniquement sur un document papier.
 - Absence de lien formel ou procédural : méthodes / études, le flux des données techniques passe donc par les deviseuses : filtrage, retard.
 - Il n'existe pas de circuit formalisé de l'arrivée aux achats des résultats des négociations menées en amont au près des fournisseurs et sous traitants par le BE, le devisage et/ou l'ordonnancement.
- Natures des supports informationnels employés
 - Les achats - approvisionnement ne disposent pas de TELNET (qui par contre est à la disposition du magasin). Les échanges d'informations avec la fabrication, l'ordonnancement et le magasin sont donc obligatoirement soit écrits soit oraux..
 - Au niveau des méthodes l'ensemble des données sont retranscrites dans un document nommé « Fiche Mère » afin de rassembler les informations issues du BE, des fournisseurs, du client et de TELNET.
- Natures des informations échangées
 - Pour lancer les approvisionnements les achats ne disposent que de la date de livraison au plus tard des produits finis puisque l'ordonnancement n'est pas effectué lorsque la feuille besoin est éditée. La date de livraison demandée est donc approximée suivant des règles standards et sans visibilité du planning. L'intégration des contraintes définies par le planning se fait à posteriori, par oral et bien souvent dans l'urgence.
 - Dans le cas des nouveaux modèles de boîtes ayant faits l'objet de maquettes il n'existe aucun moyen formalisé de référencement et stockage de ces modèles ni de transmission de cette maquette à la fabrication et au service qualité. Ces derniers sont donc confrontés à un manque d'information sur la nature des opérations à effectuer, du résultat à obtenir et des critères esthétiques et qualitatifs permettant

l'acceptation ou le refus du produit. Cette situation les conduit à devoir retourner au près des commerciaux pour obtenir ces informations et la validation du produit d'où une perte de temps et de productivité (des produits mauvais ayant pu être continué à assembler ou l'attente de la réponse ayant entraîné le démontage des machines et donc la nécessité de les régler à nouveau pour poursuivre la fabrication).

- Synchronicité des informations/actions
 - Les besoins en matières premières transmis aux achats – approvisionnement avant que l'ordonnancement des opérations ait été établie : absence de vision par les achats de l'ordre de traitement des commandes.
 - Délais de livraison fournis au client avant que l'ordonnancement des Ordres de Fabrication ait été établi.
 - Edition des Dossiers de Fabrication / Ordres de Fabrication / Sorties Matières sans vérification de la présence et de la qualité des matières premières nécessaires et des outillages.
 - Les délais de livraison des commandes sont fournis aux clients sans que les personnes ayant à exercer cette mission disposent d'un moyen formalisé d'information pour établir cette prévision.
 - L'agrément par la comptabilité du Bon à Lancer prend entre 24 et 48heures ce qui impute autant de retard au traitement des commandes.

C- Processus approvisionnement / lancement des fabrications

C1/ Relations « définitions de postes » selon organigramme / missions effectivement exercées

- Le poste achat – approvisionnement est essentiellement un poste d'approvisionnement puisqu'il ne comporte pas dans ses missions effectives de réelles recherches de nouveaux fournisseurs, de négociations de contrats d'actions particulières destinées à établir un réel partenariat avec les fournisseurs existants. Il n'y a d'ailleurs pas d'actions de visites et d'estimations des capacités et du savoir-faire de ces fournisseurs.
- Le domaine d'intervention réellement maîtrisé par cette fonction dans le champ des relations avec les fournisseurs / sous traitants est limité (voir tableau de l'annexe 9).
- En fait les circuits d'approvisionnement des cartons et couvertures standards sont les seuls qui soient gérés et maîtrisés par la fonction achat. Pour les autres produits, ainsi que le montre le tableau de l'annexe 9 une multitudes d'acteurs interviennent, sans que des règles de gestion des stocks aient été établies ni que des procédures de demandes d'achat ou de réapprovisionnement destinées aux achats existent.
- On ne voit pas figurer sur le flow-chart de l'annexe 7 de processus de lancement car en fait il n'en existe pas de façon formalisée. Le lancement est effectué lorsque l'Ordre de Fabrication apparaissant au tableau de planning peut être effectué grâce à la présence tant des matières que des outillages. Dans cette configuration se sont en général les responsables des secteurs fabrication qui transmettent à la préparation l'ordre d'exécuter l'Ordre de Fabrication.
- Indépendance de la fonction achat : hiérarchiquement elle n'est reliée à aucune direction apparemment. Dans les faits c'est la seule fonction à déclarer devoir se conformer à des objectifs assignés par la direction : réduire les coûts d'achats de matières premières.
- C'est la fonction méthode/ordonnancement qui réceptionne les outillages de découpe et les référence. Cette réception est effectuée sans contrôle par présérie : risque de connaître des problèmes qualité uniquement lors du lancement série.

C2/ Flux d'informations inhérents au processus

- Liaisons entre les acteurs
 - La quasi totalité des services interagissent avec la fonction achat, soit pour empiéter sur ses missions, soit pour transmettre de façon informelle des éléments sur l'état des approvisionnement.
 - Les relations de la fonction achat de l'entreprise avec ses fournisseurs (produits standards comme produits spécifiques) ne font l'objet d'aucun contrôle –suivi du respect des délais, de la qualité...
 - Aucune règle de gestion n'a été définie pour le dimensionnement des commandes passées aux fournisseurs.
 - La nature des informations communiquées par l'ordonnancement est insuffisante pour permettre à ces derniers d'établir la date réelle du besoin en matières.
 - L'absence d'existence d'une architecture hiérarchique robuste comme la non définition de procédures standards conduit les achats à devoir démultiplier les informations à communiquer (notamment : retards fournisseurs à la fabrication, à l'ordonnancement, au magasin) comme à recevoir de l'ensemble des services des informations.
 - Les possibilités fournies à la fonction Qualité pour remplir sa mission sont limitées. En effet, cette fonction n'est réellement incluse dans aucun circuit officiel d'informations. Elle ne dispose donc pas systématiquement des éléments nécessaires à établir un jugement sur la qualité des produits réceptionnés. Elle n'a d'ailleurs aucune relations officielles ou officieuse avec les clients ni les fournisseurs. De ce fait elle ne dispose d'aucun cahier des charges à respecter quant aux caractéristiques que doivent présenter les produits réceptionnés ou expédiés. En contrepartie, elle n'exerce aucune fonction dans l'établissement d'un partenariat avec les fournisseurs.
- Natures des supports informationnels employés
 - Hétérogénéité des moyens informatiques employés qui devient cruciale dans ce processus notamment parce que les achats et approvisionnements travaillent avec un outil informatique et donc une base de données différentes des autres secteurs. Pour une référence donnée les quantités en stocks et les prix peuvent être différents entre ces deux bases. Par ailleurs les algorithmes d'intégration d'évolution des coûts produits conduisent à des coûts différents des articles (TABBORD et TELNET).
 - L'absence d'un outil commun en réseau entre les approvisionnements et l'ordonnancement oblige les achats à l'édition de feuilles excell de mise à jour des délais fournisseurs destinés à l'ordonnancement et la fabrication : perte de temps et d'informations.
 - Les moyens d'échanges d'informations entre le magasin (connaissance de l'état des stocks) et les achats sont totalement informels. Il existe donc un « flou » permanent quant à la présence ou non de certains articles, outillages.
- Natures des informations échangées
 - Les besoins en matières premières sont communiqués à la commande. Ni les achats ni l'ordonnancement ne semblent bénéficier d'un outil de consolidation des besoins : encourage le traitement au cas par cas et de ce fait le manque de visibilité sur la situation générale.

➤ Points saillants de l'analyse des processus amont à la fabrication

Au terme de cette analyse de l'existant il apparaît donc qu'un grand nombre important de dysfonctionnements peuvent être soulignés dans le déroulement des processus en amont de la fabrication. Ces dysfonctionnements n'ont cependant pas tous la même ampleur et donc le même impact sur le fonctionnement de l'entreprise. De ce fait, il semble important de prioriser les propositions d'améliorations. Dans ce but, on trouvera ci-après une proposition de classement des dysfonctionnements recensés comme venant perturber le déroulement des actions stratégiques et de gestion de l'entreprise. En contrepartie nous ne nous attacherons pas ici à la résolution des problèmes de nature plus opérationnelle.

-2.1- Dysfonctionnements identifiés comme interférents avec une gestion cohérente des processus

-2.1.1- Discontinuité du flux d'information

Au travers des différents processus étudiés, il apparaît de façon récurrente qu'il n'y a pas de continuité dans le flux d'information, notamment en ce qui concerne la transmission, et le stockage pour une exploitation ultérieure, des données techniques.

-2.1.2- Absence d'un réel processus de planification/lancement de la production

En réalité ce processus n'existe que de façon informelle et sans que les différents acteurs concernés par cette planification, ayant besoin d'en connaître l'état pour mener à bien leur mission (achat/ordonnancement/ lancement) aient un moyen de visualisation de la charge des moyens de production qui leur permette de prendre des décisions cohérentes avec l'état du système. Cette absence de visibilité a pour conséquence l'acceptation de commandes assorties à des délais qui conduisent à bouleverser les « programmes » d'occupation des postes de charges. En conséquence, et bien qu'aucun indicateurs n'existent pour pouvoir être affirmatif sur ce point, on peut estimer que cela entraîne une baisse de la rentabilité de ces postes (montage /démontage/ interruption des fabrications...). Par ailleurs, ce manque de visibilité et ces modifications permanente se répercutent sur l'efficacité de la fonction achat qui ne bénéficie pas elle non plus de la visibilité nécessaire au bon accomplissement de sa mission. Enfin en absence d'un processus qui les informe sur les dates à indiquer aux clients pour les livraisons les personnes ayant en charge cette mission ont inversé le processus. Les dates sont ainsi imposées sans cohérence avec l'état réel des moyens de production. Il y a donc une « spirale infernale » de désorganisation -au regard des objectifs sous jacents de la production.

-2.2.3- Disjonction de la fonction achats - approvisionnements

La fonction AA n'est pas réellement intégrée dans le processus global. Elle est à la fois soumise à une multitude d'informations et d'interventions en provenance des autres services ces éléments venant perturbés un fonctionnement normal dans la mesure où tout cela se fait de manière informelle. Mais elle est également soumise à un manque de robustesse des informations qui lui sont transmises tant sur les dates de livraisons auxquelles elle doit obtenir les matières premières pour le lancement des fabrications que sur les niveaux réels des stocks.

-2.2- Dysfonctionnements identifiés dans la conduite stratégique des processus

-2.2.1- Absence de perspectives

Lors des interviews chaque interlocuteur a été interrogé sur la nature des objectifs qui lui avait été assigné par sa direction que ce soit à titre personnel ou pour la fonction de façon plus générale. Hormis les achats auxquels une demande de réduction de coûts a été requise et les fonctions commerciales auxquelles il est demandé d'accroître le CA, aucune des autres fonctions n'a à rechercher l'atteinte d'objectif. De façon plus générale l'entreprise elle-même ne déclare pas de vision stratégique chiffrée : quel niveau de CA, quelle marge, veut-on accroître la part du négoce, des productions manuelles ou

automatisées. Cette absence de définition se décline donc au niveau de chaque fonction avec deux conséquences lourdes.

D'une part l'impossibilité de mesurer l'efficacité des travaux accomplis au travers d'indicateurs rattachés à chaque fonction et cohérents avec de tels objectifs globaux.

D'autre part, l'existence d'objectifs communs permettrait de recréer une synergie commune aux différentes fonctions. Synergie manifestement difficile à trouver aujourd'hui, chacun ayant le sentiment de faire « au mieux » mais au travers d'actions non coordonnées.

-2.2.2- Structure de l'organisation

La représentation hiérarchique offerte par l'organigramme actuel semble cohérente avec les éléments ressortis des interviews : on retrouve le même éclatement fonctionnel et séquençage entre les fonctions. Accroître la fluidité des processus, recréer un système d'information fluide, intégrer et redéfinir les rôles et missions des fonctions approvisionnement et lancement sont autant d'actions qui requièrent également une refonte de cette répartition hiérarchique. Celle-ci doit pouvoir être en cohérence avec de tels objectifs.

Annexe 6.2 : Questionnaire d'analyse du problème d'ordonnancement de l'atelier de fabrication automatique

Question 1 : Nommer le système technique et les secteurs d'exploitation de ce domaine, faisant l'objet de la présente analyse

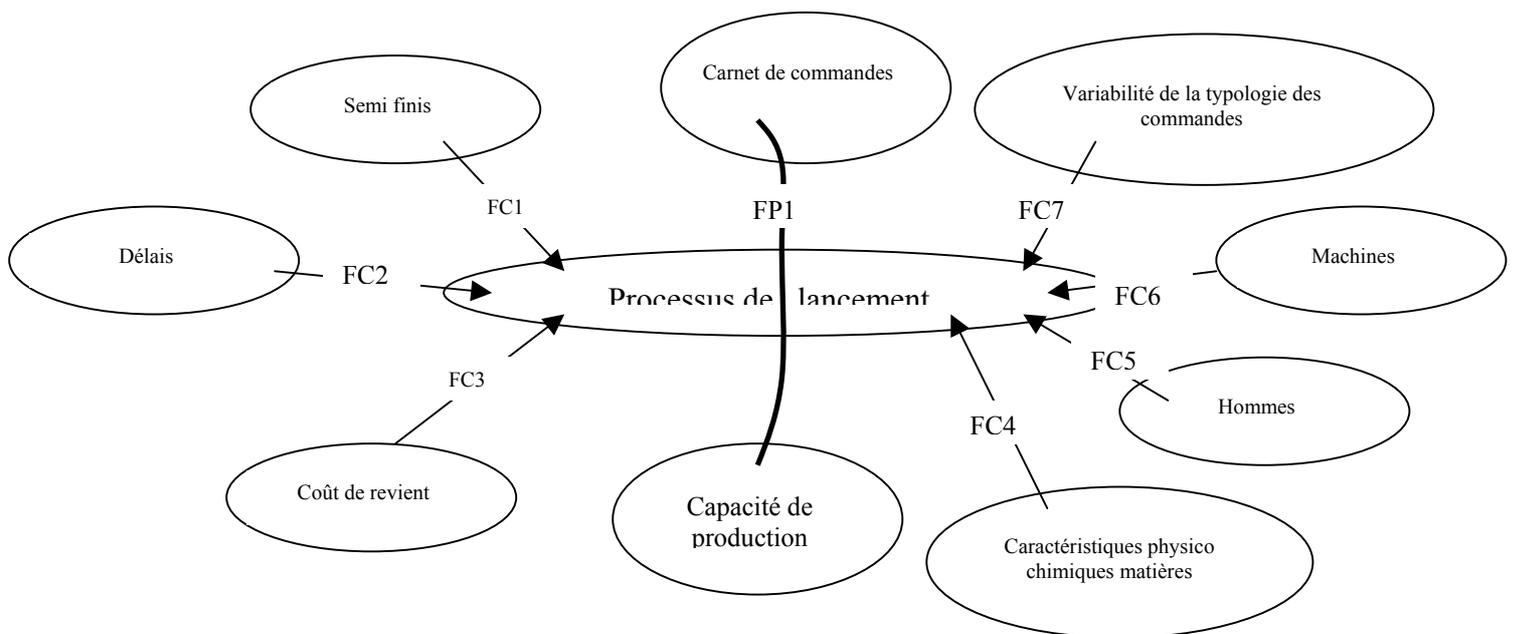
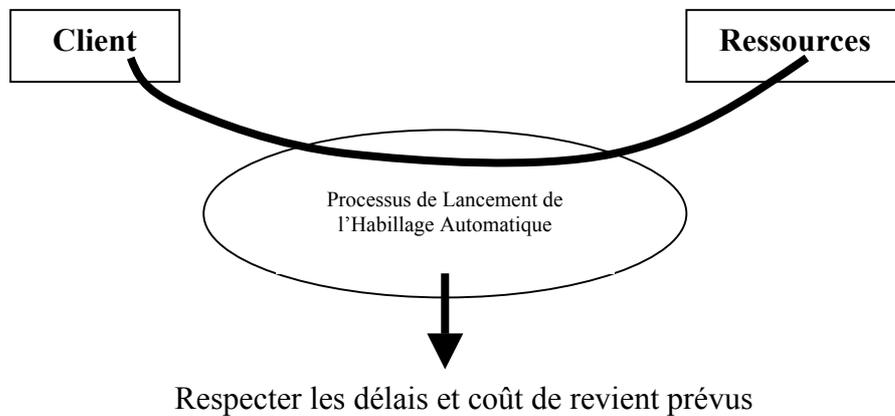
Le processus de lancement des fabrications sur le secteur d'habillement automatique.

Question 2 : Identifier la fonction utile primaire (FUP) à améliorer ou à intégrer

Le respect des délais clients

Question 3 : Décrire la structure du système

Le lancement des Ordres de fabrication est effectué en recherchant un ajustement charge /capacité. Pour ce faire, les éléments qui interfèrent dans le processus peuvent être définis au moyen d'une pieuvre et d'une AFE :



Descriptif :

FP1 : Définir l'ordre de passage des commandes en fonction des capacités de production.

FC1 : Semis finis disponibles

FC2 : Délais respectés

FC3 : Coût de revient cohérent avec la rentabilité requise

FC4 : Caractéristiques physico chimiques des matières premières compatibles avec le niveau de qualité requis

FC5 : Optimisation de l'utilisation de la capacité de travail manuel

FC6 : Optimisation de l'utilisation de la capacité de travail machine

FC7 : Prise en compte de la variabilité des critères d'optimisation de l'ordonnancement liée à la variabilité des typologies de commandes.

Question 4 : Décrire l'environnement du système

Afin de renseigner cette rubrique dans le détail on se reportera à l'annexe 1 qui comporte des représentations sous forme de flow charts des processus amonts au lancement et à la réalisation des fabrications sur le secteur habillage automatique ainsi qu'une représentation de l'organigramme de l'entreprise.

Question 5 : Décrire les ressources du système**Ressources humaines :**

Polyvalence du personnel. Elle existe théoriquement pour la réalisation de tâches autres que celles à réaliser sur le secteur habillage automatique. Le contraire n'est que partiellement vrai (limité aux opérations ne nécessitant pas de savoir faire particulier ce qui n'est pas vrai sur toutes les commandes). Cependant, de façon générale la capacité de travail en ressources humaines est insuffisante dans les différents ateliers de l'entreprise. De ce fait, la polyvalence est rarement employée.

Recours à l'intérim pour les opérations ne nécessitant pas de savoir faire particulier.

Ressources machines :

Globalement la capacité offerte par les machines est supérieure au carnet de commandes. Cependant, localement - dans le temps - certaines machines sont saturées par un afflux de commandes les concernant ou ne peuvent être exploitées rationnellement par manque de personnel.

Les temps de cycles longs, et le fait qu'il y ait toujours des machines non employées, offrent la possibilité d'effectuer les réglages en temps masqués. La limite de cette pratique est due aux règleurs qui sont également des conducteurs de machines il n'y a donc pas de réelle possibilité de travailler en temps masqué..

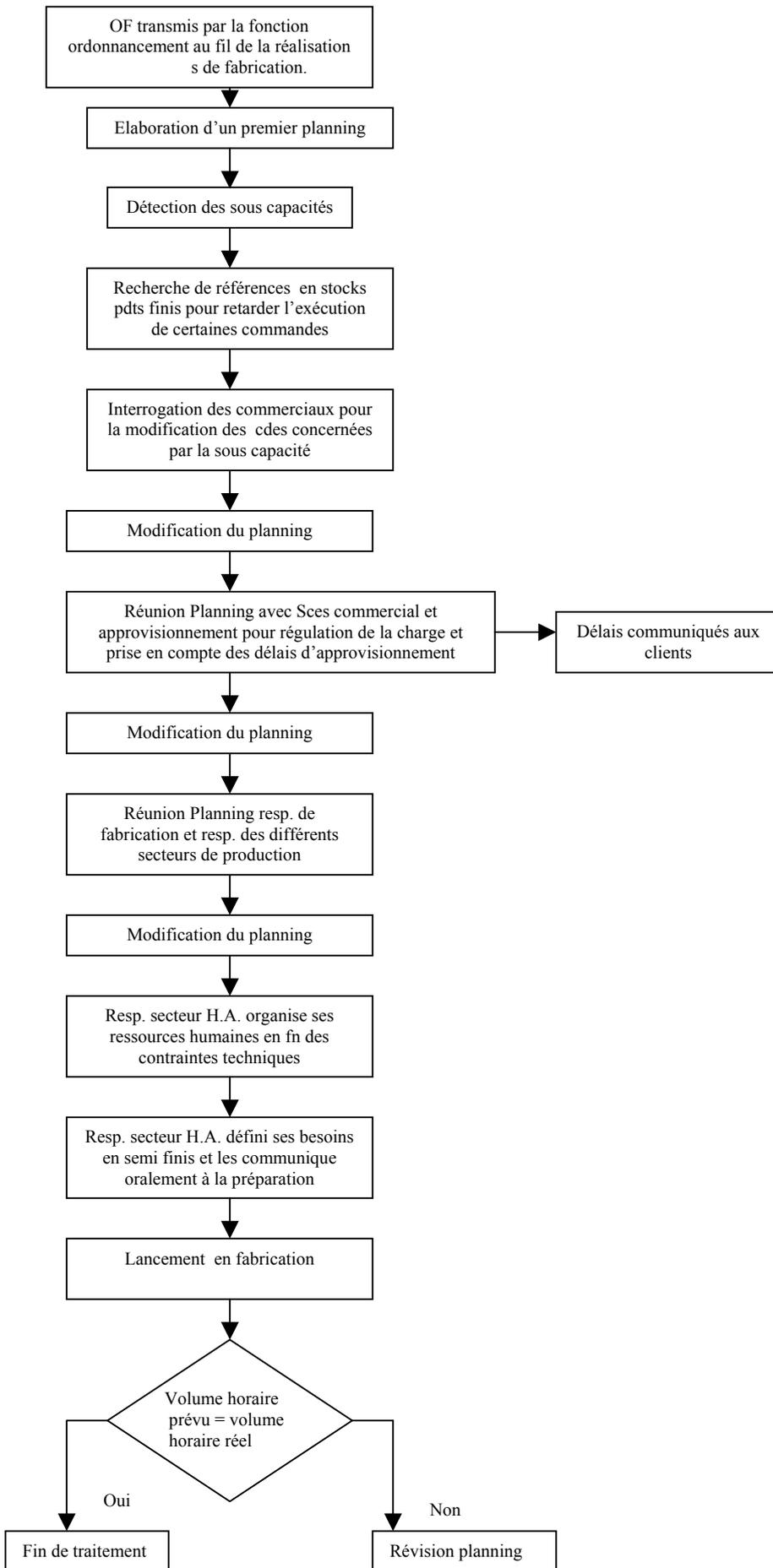
Ressources temporelles :

L'ordonnancement des OF, pour la phase de lancement, est effectué le jeudi ou le vendredi pour la semaine suivante. Des urgences sont intercalées en cours de réalisation du programme.

Ressources informationnelles :

On dispose, lors du lancement, des données suivantes pour effectuer l'ordonnancement des OF:

- Délais imposés par le client.
- Dossier de fabrication : nomenclatures et gammes de fabrication produits.
- Cadences machines.
- Etats d'avancement fabrication semi finis et matières premières.
- Capacité en terme de volume d'heures travaillées par le personnel disponible.
- Compétences spécifiques des membres de l'équipe.
- Disponibilités machines



Question 6 : Décrire le fonctionnement du système

Voir page précédente le logigramme du processus mis en œuvre.

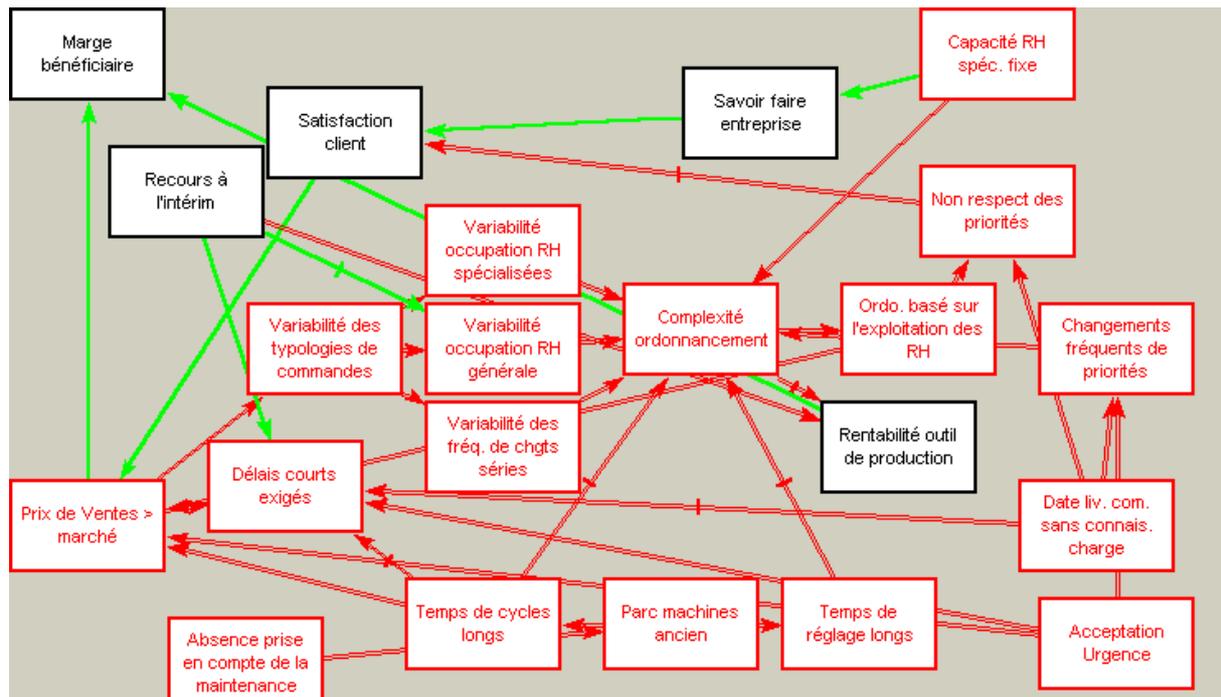
Question 7 : Indiquer l'effet néfaste ou la contradiction qui est à l'origine du projet de réorganisation. L'effet néfaste doit être éliminé (ou réduit) par la solution, tout en préservant (ou en améliorant) la Fonction Utile Primaire.

L'intégration des urgences bouleverse l'ordonnancement ce qui conduit à une mauvaise exploitation en terme de rentabilité des ressources de production. Antagonisme entre la notion de respect des délais et de rentabilité.

Question 8 : Après quels événements ou quelles étapes du développement cette situation est-elle apparue ? Est-il possible de revenir en arrière et de modifier l'orientation du développement prise de façon à éliminer les inconvénients énoncés en 7 ?

Le phénomène a toujours existé mais s'est accentué avec le plan social qui a conduit l'entreprise à être moins sélective sur le type de commandes acceptées. Par ailleurs, le manque de maintenance et de renouvellement du parc a conduit à augmenter les coûts de revient, les délais de production et diminuent la rentabilité. Afin d'augmenter le cash flow les commerciaux acceptent de plus en plus de commandes inappropriées en terme de délais et complexité de fabrication ce qui accroît sans cesse les problèmes.

Question 9 : Décrire le mécanisme qui cause l'effet néfaste si celui-ci est clair pour vous.



Graphe de causalité des phénomènes à l'origine du fonctionnement et des dysfonctionnements

Question 10 : Décrire les changements souhaitables (ce que vous souhaiteriez obtenir) :

Parvenir à intégrer des commandes à délais très courts (type urgences – délais : dans la semaine – cycle de fabrication : 1 jour, préparation 2/3 heures + 7 heures en Habillage Automatique) dans le programme d'ordonnancement sans remettre en cause le respect des délais des commandes courantes ni en terme de productivité ou de rentabilité.

Question 11 : Indiquez les moyens ou méthodes connus ou généralement utilisés (s'il en existe) pour l'élimination de l'effet néfaste - expliquez pourquoi vous ne pouvez pas ou ne souhaitez pas les employer ici.

1/ Ne pas accepter les urgences

C'est impossible car l'objectif est de maintenir le chiffre d'affaires en acceptant un maximum de commandes.

2/ Disposer de surcapacités de production

La capacité dépend de des machines et des hommes. En l'absence de polyvalence et de capacités humaines on ne dispose pas de surcapacité. Par ailleurs, pour accroître cette capacité il faudrait embaucher et former du personnel ce qui demanderait un temps de formation important. Le manque de prévision quant à l'évolution du marché interdit d'envisager cette possibilité.

3/ La sous traitance

Elle serait effectuée par des concurrents il y aurait alors risque de perdre les marchés.

4/ Réorganiser les délais des urgences

La niche de marché n'autorise pas à de telles manœuvres.

Question 12 : Indiquez ce qui peut, et ce qui ne peut pas, être modifié dans le système et expliquez les raisons de ces restrictions.

- Pas de modifications des types de commandes recherchés par les commerciaux sous les trois ans.
- Peu d'évolution du parc machines
- Le volume de personnel restera stable
- La polyvalence du personnel augmentera
- Les prix resteront supérieurs à ceux du marché

Ce qui peut être modifié :

- la nature, le support, la fréquence et l'horizon des informations arrivant et partant du processus de lancement (appro, ordo, commercial, intérim), et la rapidité de circulation des informations.

Question 13 : Evaluer l'ampleur des changements admissibles dans cette approche de re conception.

Modification possible des processus d'approvisionnement, des méthodes, de l'administration des ventes et des services commerciaux.

Question 14 : Décrire les autres problèmes qui devraient être résolus s'il n'est pas possible de diminuer (ou d'éliminer) l'effet néfaste précédemment indiqué.

Améliorer la flexibilité de l'ordonnancement.

Question 15 : Indiquez vos critères d'évaluation des solutions

Critères :

Nombre de commandes planifiées décalées par l'intégration des urgences, le traitement des problèmes engendrés par ces manipulations nécessitent aujourd'hui une heure de travail journalier au responsable de fabrication. La solution doit permettre de diminuer cette valeur.

La disparition du besoin de modifier en cours de semaine le plan des besoins en personnel.

L'augmentation de l'horizon durant lequel le besoin en personnel peut être appréhendé.

Question 16 : Décrire votre vision du résultat Idéal

Les commandes acceptées en urgence (pour la semaine en cours) ne génèrent pas de retard pour celles déjà planifiées.

Annexe 6.3 : Recommandations de IWB

- 4. Find a way to eliminate, reduce, or prevent [the] (Variabilité occupation RH spécialisées) in order to avoid [the] (Complexité ordonnancement), under the conditions of [the] (Variabilité des typologies de commandes).
 1. 4.1. Isolate the system or its part from the harmful effect of [the] (Variabilité occupation RH spécialisées).
 2. 4.2. Counteract the harmful effect of [the] (Variabilité occupation RH spécialisées).
 3. 4.3. Impact on the harmful action of [the] (Variabilité occupation RH spécialisées).
 4. 4.4. Reduce sensitivity of the system or its part to the harmful effect of [the] (Variabilité occupation RH spécialisées).
 5. 4.5. Eliminate the cause of the undesired action of [the] (Variabilité occupation RH spécialisées).
 6. 4.6. Reduce the harmful results produced by [the] (Variabilité occupation RH spécialisées).
 7. 4.7. Apply universal Operators to reduce the undesired factor (Variabilité occupation RH spécialisées).
 8. 4.8. Consider resources to reduce the undesired factor (Variabilité occupation RH spécialisées).
 9. 4.9. Try to benefit from the undesired factor (Variabilité occupation RH spécialisées).

- 6. Find a way to eliminate, reduce, or prevent [the] (Variabilité des fréq. de chgts séries) in order to avoid [the] (Complexité ordonnancement), under the conditions of [the] (Variabilité des typologies de commandes).
 10. 6.1. Isolate the system or its part from the harmful effect of [the] (Variabilité des fréq. de chgts séries).
 11. 6.2. Counteract the harmful effect of [the] (Variabilité des fréq. de chgts séries).
 12. 6.3. Impact on the harmful action of [the] (Variabilité des fréq. de chgts séries).
 13. 6.4. Reduce sensitivity of the system or its part to the harmful effect of [the] (Variabilité des fréq. de chgts séries).
 14. 6.5. Eliminate the cause of the undesired action of [the] (Variabilité des fréq. de chgts séries).
 15. 6.6. Reduce the harmful results produced by [the] (Variabilité des fréq. de chgts séries).
 16. 6.7. Apply universal Operators to reduce the undesired factor (Variabilité des fréq. de chgts séries).
 17. 6.8. Consider resources to reduce the undesired factor (Variabilité des fréq. de chgts séries).
 18. 6.9. Try to benefit from the undesired factor (Variabilité des fréq. de chgts séries).

- 8. Find a way to eliminate, reduce, or prevent [the] (Ordo. basé sur l'exploitation des RH) in order to avoid [the] (Non respect des priorités), under the conditions of [the] (Complexité ordonnancement), then think how to eliminate, reduce, or prevent [the] (Prix de Ventes > marché).

19. 8.1. Isolate the system or its part from the harmful effect of [the] (Ordo. basé sur l'exploitation des RH).
 20. 8.2. Counteract the harmful effect of [the] (Ordo. basé sur l'exploitation des RH).
 21. 8.3. Impact on the harmful action of [the] (Ordo. basé sur l'exploitation des RH).
 22. 8.4. Reduce sensitivity of the system or its part to the harmful effect of [the] (Ordo. basé sur l'exploitation des RH).
 23. 8.5. Eliminate the cause of the undesired action of [the] (Ordo. basé sur l'exploitation des RH).
 24. 8.6. Reduce the harmful results produced by [the] (Ordo. basé sur l'exploitation des RH).
 25. 8.7. Apply universal Operators to reduce the undesired factor (Ordo. basé sur l'exploitation des RH).
 26. 8.8. Consider resources to reduce the undesired factor (Ordo. basé sur l'exploitation des RH).
 27. 8.9. Try to benefit from the undesired factor (Ordo. basé sur l'exploitation des RH).
- 14. Find a way to eliminate, reduce, or prevent [the] (Capacité RH spéc. fixe) in order to avoid [the] (Complexité ordonnancement), then think how to provide [the] (Savoir faire entreprise).
 28. 14.1. Isolate the system or its part from the harmful effect of [the] (Capacité RH spéc. fixe).
 29. 14.2. Counteract the harmful effect of [the] (Capacité RH spéc. fixe).
 30. 14.3. Impact on the harmful action of [the] (Capacité RH spéc. fixe).
 31. 14.4. Reduce sensitivity of the system or its part to the harmful effect of [the] (Capacité RH spéc. fixe).
 32. 14.5. Eliminate the cause of the undesired action of [the] (Capacité RH spéc. fixe).
 33. 14.6. Reduce the harmful results produced by [the] (Capacité RH spéc. fixe).
 34. 14.7. Apply universal Operators to reduce the undesired factor (Capacité RH spéc. fixe).
 35. 14.8. Consider resources to reduce the undesired factor (Capacité RH spéc. fixe).
 36. 14.9. Try to benefit from the undesired factor (Capacité RH spéc. fixe).
- 24. Find a way to eliminate, reduce, or prevent [the] (Changements fréquents de priorités) in order to avoid [the] (Complexité ordonnancement), under the conditions of [the] (Date liv. com. sans connais. charge) and (Acceptation Urgence).
 37. 24.1. Isolate the system or its part from the harmful effect of [the] (Changements fréquents de priorités).
 38. 24.2. Counteract the harmful effect of [the] (Changements fréquents de priorités).
 39. 24.3. Impact on the harmful action of [the] (Changements fréquents de priorités).
 40. 24.4. Reduce sensitivity of the system or its part to the harmful effect of [the] (Changements fréquents de priorités).

41. 24.5. Eliminate the cause of the undesired action of [the] (Changements fréquents de priorités).
42. 24.6. Reduce the harmful results produced by [the] (Changements fréquents de priorités).
43. 24.7. Apply universal Operators to reduce the undesired factor (Changements fréquents de priorités).
44. 24.8. Consider resources to reduce the undesired factor (Changements fréquents de priorités).
45. 24.9. Try to benefit from the undesired factor (Changements fréquents de priorités).

Annexe 6.4 : Regroupement des concepts de solutions obtenus

Légende :

En bleu et italique : voies de solutions issues de la purge effectuée en début de séance de créativité.

En noir : voies de solutions issues de la séance avec les principes de la matrice

En rouge et gras : voies de solutions issues de l'utilisation de IWB et non identifiées auparavant.

Lancement :

[1] Accroître la fréquence de définition de l'ordre de traitement des OF

[2] Modifier le mode de transmission des OF, transmettre les informations concernant les nouvelles commandes à satisfaire dès que celles-ci sont connues : employer le réseau informatique. Disposer également par ce réseau des informations concernant l'approvisionnement externe et l'avance de la production amont des composants.

[3] Visualiser l'ordonnancement suivant plusieurs dimensions (3D = plus de critères pris en compte dans la visualisation, date, homme, machines).

[4] Modifier l'horizon de planification : une semaine actuellement. Puisque les urgences sont traitées à la journée déplacer l'horizon de planification suivant cette dimension. Le flux devient alors de type juste à temps. Il n'existe plus qu'un seul type de commandes. Une telle évolution ne signifierait pas que l'on traite l'ensemble du dossier au jour le jour mais que lorsque que l'on cherche à ordonnancer les commandes on est certain d'avoir tous les éléments pour le faire (semi finis, composants extérieurs, outillages...). La validation de la présence de ces éléments constituant un filtre d'entrée dans la base de données des commandes à ordonnancer.

[5] Affectation des commandes directement réalisée sur les machines et les ressources humaines (plannings individuels).

[6] Extraction et reclassement des commandes suivant leur typologie – ordonnancer par catégories de commandes.

[7] Transmettre directement en atelier non pas un ordre de traitement des fabrications mais un volume d'heures (temps de préparation + temps de travail) et laisser au groupe la possibilité de s'auto-organiser.

[8] Isoler la planification des éléments perturbants. Par exemple, interdire la remise en cause de l'ordre de lancement le matin pour le programme de la journée.

[9] Définir des taux moyens de fréquence de changements admissibles permettant de faire une approche macro de la répartition des commandes.

Service commercial

[10] Renégocier les délais, des commandes normales et / ou des urgences.

[11] Visualisation de la charge Hommes et Machines à disposition des commerciaux lors de la fourniture d'une date aux clients.

[12] Utiliser des représentations graphiques informatiques ou matérielles à destination des commerciaux et leur permettant d'avoir une vision de la charge des machines et du personnel pour négocier des délais en fonction de cette charge.

[13] Impliquer les commerciaux dans des réunions de planning afin de faciliter leur prise en compte de la saturation des capacités de production.

[14] Mettre à disposition des commerciaux une visualisation de la charge lors des prises de commandes, proposer une image de la charge aux commerciaux.

[15] Codifier la prise de commande de façon à faire ressortir plus vite et plus facilement les points clés permettant de gérer l'ordonnancement. L'idée est de codifier la « lourdeur » représentée par une typologie de commande pour la rendre perceptible par les commerciaux. Les critères à prendre en compte pour effectuer cette pondération pourraient être basés sur les temps requis, les immobilisations machines, l'incidence du faible délai accordé par rapport au temps disponible avant livraison du produit au client (forme de majoration associée à la notion d'urgences).

[16] Sélection d'une typologie de commandes – revient à limiter les créneaux de marchés traités.

[17] Définir aux commerciaux des objectifs d'occupation d'heures des machines et de tailles mini maxi des lots pouvant être traitées sur les machines pour une organisation et une productivité cohérentes. Imposer une part fixe d'heures de fabrication dans le planning par spécialité.

[18] Définir des cotas de priorités aux commerciaux : si le passage en urgence d'une commande nécessite le recul de la livraison d'une autre commande alors c'est une commande du même commercial qui est reculée.

[19] Intégrer des fabrications demandant moins de connaissances spécialisées dans le mix produits passant en secteur automatique et des délais plus importants de livraison afin de gagner de la souplesse.

Service conception

[20] Standardiser les formats produits

[21] Rechercher une standardisation des matériaux et des outillages employés pour la fabrication.

Atelier de production

[22] Employer des ressources humaines temporaires (polyvalence, intérim)

[23] Employer des ressources machines temporaires (Sous-traitance)

[24] Augmenter la productivité machine (disposer d'une sur capacité)

- SMED
- *Reconception du produit et/ ou de la gamme de fabrication en vue d'une recherche de standardisation et d'une diminution des temps de réglage machines.*

[25] Accroissement du parc machine.

[26] Réserver une part de la capacité de production aux urgences.

- *Matériellement : ressources dédiées (hommes et machines)*
- *Virtuellement : par exemple on définit la capacité « normale » de production seulement au niveau de 80% de la capacité réelle pour positionner les commandes « normales » les 20% restants étant réservés aux commandes urgences (seuil à définir selon historiques).*

[27] Créer des indicateurs de mesure des temps de changements de séries, temps de travail et temps d'attente sur les secteurs.

[28] Faire varier les temps d'ouverture des ateliers, accroître la flexibilité du temps de travail.

[29] Diversifier les formations des individus.

[30] Charger une personne d'assurer la préparation des fabrications avant lancement pour libérer les régleurs et responsable de service.

[31] Transférer la conduite d'un poste à une opératrice ayant eut une courte formation avec un régleur pour cette phase, le régleur assurant la supervision de deux machines.

[32] Créer un service préparation, les outillages de calage étant actuellement fabriqués par les régleurs

lors du réglage de postes.

[33] Extraction de moyens spécifiques à des typologies de commandes

[34] Dédier une zone et des moyens de production au traitement des commandes urgentes.

[35] Accroître les compétences des personnes de façon à augmenter leur polyvalence sous les aspects gestion et entretien du matériel.

[36] Définir uniquement des volumes globaux d'heures et laisser une liberté d'auto organisation

[37] Automatiser les changements de séries

[38] Employer des ressources temporaires externes ou internes à l'entreprise

[39] Développer la polyvalence

[40] Accepter d'accroître le volume de personnel formé

[41] Homogénéiser les salaires des salariés en fabrication

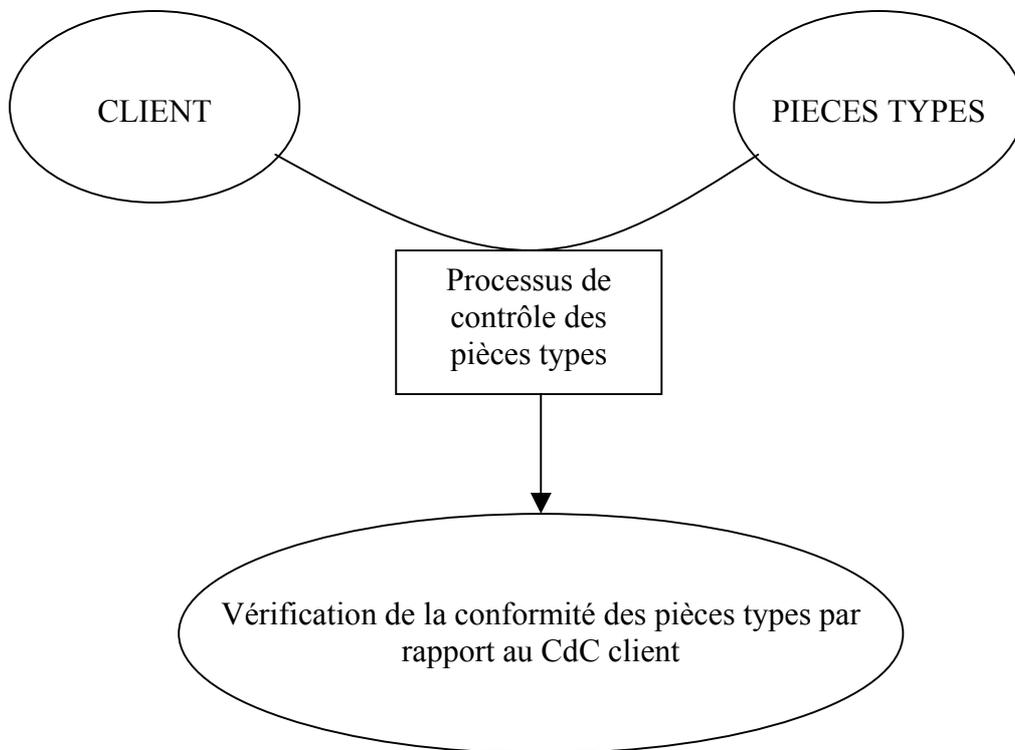
Service ordonnancement - devis

[41] Extraire des parties communes de la gamme pour les traiter par grandes séries.

ANNEXE 7. Expérimentation N°3 - Processus de réalisation des pièces types pour installations de traitements thermiques - Mancelle de Fonderie.

<i>Annexe 7.1 : Analyse Fonctionnelle</i>	<u>296</u>
<i>Annexe 7.2 : Tableau de synthèse sur les ressources mises en jeu lors du processus</i>	<u>298</u>
<i>Annexe 7.3 : Tableau de synthèse sur étapes et problèmes associés au processus transversal</i>	<u>299</u>
<i>Annexe 7.4 : Flow Charts des processus fonctionnels composant le processus transversal de réalisation des pièces types</i>	<u>302</u>
<i>Annexe 7.5 : SADT du processus de contrôle</i>	<u>306</u>
<i>Annexe 7.6 : Regroupement des concepts de solutions obtenus</i>	<u>307</u>
<i>Annexe 7.7 : Synthèse des idées de solutions apportées pour répondre aux problèmes inhérents au processus de validation des pièces types.</i>	<u>310</u>
<i>Annexe 7.8 : Caractérisation des natures de solutions proposées</i>	<u>311</u>
<i>Annexe 7.9 : Propositions présentées à la direction</i>	<u>313</u>

Annexe 7.1 : Analyse Fonctionnelle



1 – Pourquoi ce besoin ?

- Incertitude de la conformité de la conception BE / aux attentes client (a)
- Incertitude de la réponse du procédé / à la conception BE (b)
- Absence de contrôle en cours de process (c)
- Validation globale pour lancement en série (d)

- Pourquoi (a) ?

Parce que toutes les conditions d'utilisation ne sont pas retranscrites par le BE

Erreur de cotation possible

- Pourquoi (b) ?

Erreur de fabrication outillage possible

Erreur de conception d'outillage

Mauvais choix de paramètres de fabrication

Non respect des paramètres de fabrication

- Pourquoi (c) ?

Le procédé ne permet de contrôler en cours de process

- Pourquoi (d) ?

Pour ne pas fabriquer des séries de pièces mauvaises

2 – Pourquoi ce besoin peut disparaître ?

- Incidence des paramètres de fabrication parfaitement connue
- Spécifications de fabrication parfaitement respectées

- Disparition des pièces types
- Spécifications client parfaitement connues et prises en compte dans la conception

3 – Origine de la modification du besoin ?

- Réalisation de la conception par le client

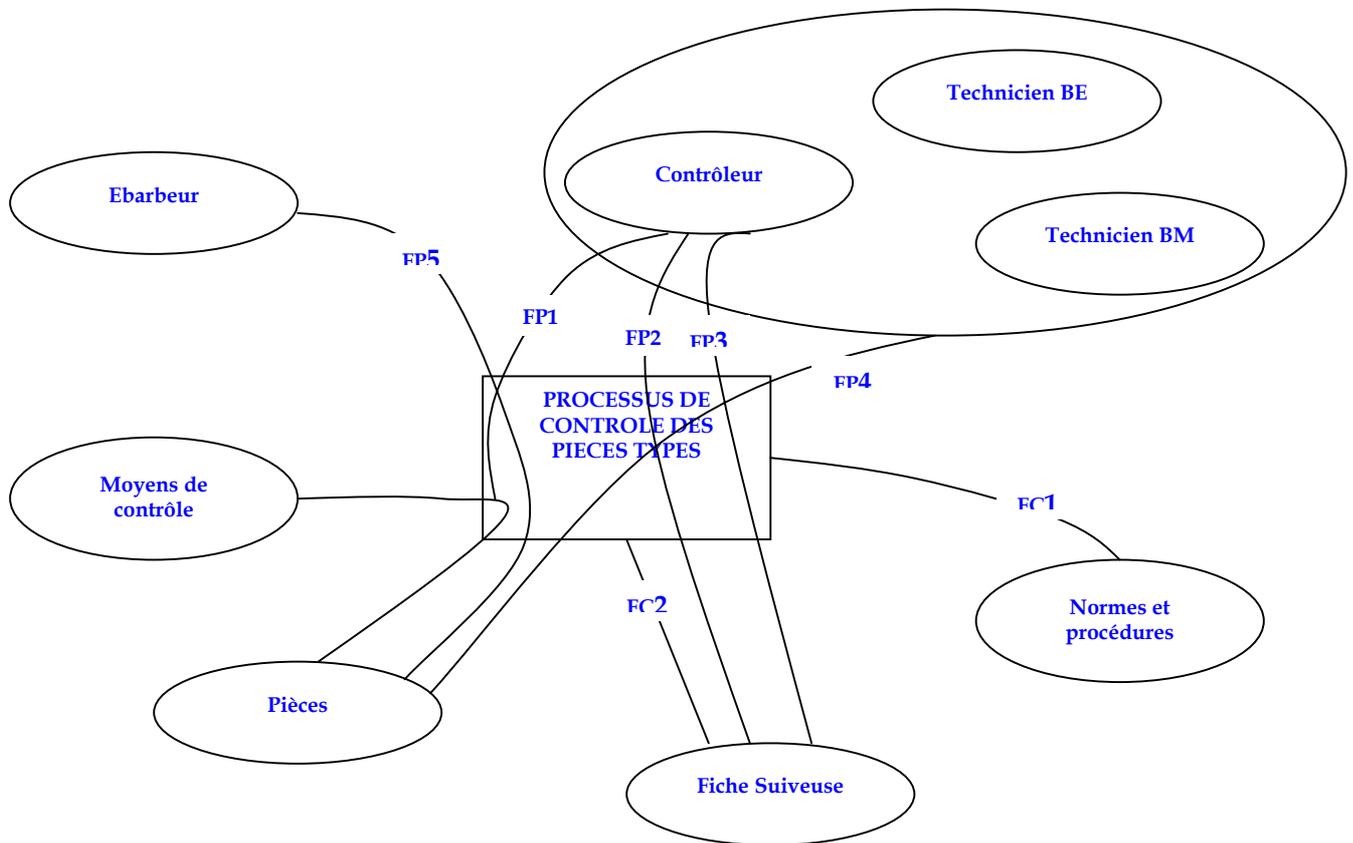


Figure 59 : Diagramme pieuvre sur le processus de contrôle des pièces types

➤ Fonctions principales

- FP1 : Vérifier la conformité de la pièce par rapport aux moyens de contrôle présents
- FP2 : Renseigner la fiche suivreuse
- FP3 : Fournir au contrôleur les critères de contrôle
- FP4 : Décider de l'acceptation des pièces types
- FP5 : Ebarber les pièces en vue d'un contrôle dimensionnel et fonctionnel

➤ Fonctions contraintes :

- FC1 : Respecter les normes et procédures de contrôle
- FC2 : Respecter les critères de la fiche suivreuse

Annexe 7.2 : Tableau de synthèse sur les ressources mises en jeu lors du processus

		PROCESSEURS			INPUTS		CONTROLES			OUTPUTS		
		Pr1	Pr2	Pr3	In1	In2	Cr1	Cr2	Cr3	Out1	Out2	Out3
Etape 1	Nature	Controleur	-	-	Pièce tronçonnée	FSuiveuse	FSuiveuse	Normes et procédures	-	FSuiveuse	Pièce contrôlée visuel.	-
	Lieu	Contrôle	-	-	Contrôle	Contrôle	Contrôle	Contrôle ?	-	Contrôle	Contrôle	-
	Disp. Temp	Permanent	-	-	0 à 10/j	0 à 10/j	permanente	Permanent ?	-	Qqs min ?	Qqs min ?	-
Etape 2	Nature	Controleur	Moyens de contrôle	-	Pièce ébarbée	FSuiveuse	FSuiveuse	Normes et procédures	-	FSuiveuse	Pièce contrôlée	PV de contrôles
	Lieu	Contrôle	Contrôle	-	Contrôle	Contrôle	Contrôle	Contrôle ?	-	Contrôle	Contrôle	Contrôle
	Disp. Temp	Permanent	Permanent	-	f : 0 à 10/j	f : 0 à 10/j	d : permanente ?	d : permanente ?	-	d : 2 j ?	d : 2 j ?	d : 2 j ? ²
Etape 3	Nature	Controleur	BE	BM	Pièce contrôlée	FSuiveuse	BE	FSuiveuse	PV de contrôles	Décision PT	Fsuiveuse tamponnée	-
	Lieu	Contrôle	Contrôle	Contrôle	Contrôle	Contrôle	Contrôle	Contrôle	Contrôle	Contrôle	Contrôle	-
	Disp. Temp	Permanent	Sur appel	Sur appel	Permanente	permanente	Sur appel	permanente	Permanent	Qqs min	Qqs min	-

Annexe 7.3 : Tableau de synthèse sur étapes et problèmes associés au processus transversal

Etapes	Lieux	Acteurs	Opérations	Problèmes
Demande de prix	Chez le client	Le commercial	Recueil des spécifications client : traduction dans une fiche technique.	
	Bureau d'études	Technicien BE	Conception du montage complet destiné au four. Transmission des plans des différents composants fonderie au service méthode pour études.	Souvent la fiche n'est pas renseignée (surtout avec l'étranger).
	Bureaux des Méthodes	Technicien BM	Conception des outillages de fonderie, chiffrage de leur fabrication, établissement dans logiciel informatique des gammes et nomenclatures, transmission du chiffrage global au commercial en charge affaire.	
Réception commande client	Service commercial	Chargé d'affaire	Entrée de la commande dans le système informatique.	
	Service lancement	Technicien lancement	Editions des O.F pièces types et fabrication.	
	Bureaux d'études	Technicien BE	Intégration des éventuelles modifications de pièces demandées par le client. Rééditions des plans.	Le plus souvent les prix de vente ne sont pas modifiés pour autant. Les indices de plans ne sont pas toujours mis à jour (manque de temps).
	Bureaux des Méthodes	Technicien BM	Intégration des modifications si nécessaire, lancement de la fabrication des outillages chez les modeleurs, création de la Fiche Suiveuse portant paramètres de fab. et critères de contrôle. A la réception de l'outillage, création d'un dossier de fabrication (FS+Plan+gamme + nomenclature), lancement en fabrication des pièces types.	Réception des outillages : seulement un contrôle visuel (si erreur de modelage ou de conception elle a peu de chances d'être détectée). Les critères de contrôle reportés sont ceux fournis par le BE ou l'expérience. Ils ne traduisent pas toujours toutes les spécifications clients qu ne sont d'ailleurs pas toujours entièrement identifiées.

Fabrication des pièces types	Ateliers de noyautage et de moulage	Noyauteur Mouleur	Réalisation de deux moules et des noyaux assortis	Cette fabrication requière des temps de montage et de réglage des outillages qui diminuent la productivité : les PT ne sont donc pas traitées en priorité. La FS n'est pas forcément complétée (paramètres réels de fab. utilisés).
	Aire de coulée	Couleurs	Coulée des deux moules	En fonction de l'alliage à utiliser il faut attendre qu'une campagne destinée à la production soit planifiée. En fonction de la position des moules dans la rangée à coulé et du moment aux quels cette coulée est effectuée (jour ou nuit) les paramètres définis par les méthodes ne sont pas toujours respectés. La Fiche Suiveuse n'est pas forcément complétée.
	Atelier d'ébarbage	Ebarbeurs	Les pièces sont débarrassées de leurs système de remplissage et d'alimentation mais non ébarbées (pour ne pas gêner le contrôle dim.)	Les pièces types ne sont pas traitées en priorité : elles peuvent rester un moment dans un « coin ». L'absence de schéma ou d'exemple (prototype) gêne les ébarbeurs dans la connaissance des opérations à effectuer.
Contrôle des pièces types	Atelier de contrôle	Contrôleur	Contrôle visuel. Ensuite normalement les pièces sont redonnées à l'ébarbage afin de réaliser l'ébavurage. Actuellement cette opération est réalisée par le contrôleur qui réalise ensuite : le contrôle dim. Suivant les cotations fournies par le plan joint à la FS, le contrôle radio et le ressuage.	Les contrôle de radiographie et de ressuage sont effectué sans que des critères soient définis ce qui donne lieu à des refus de pièces par les contrôleurs alors que les défauts seraient acceptables dans les conditions d'utilisation des pièces. Par ailleurs, les spécifications client liées à la possibilité de réaliser le montage final et à ses conditions d'utilisation ne sont pas définies sur la fiche suivreuse et ne peuvent donc pas être contrôlées.

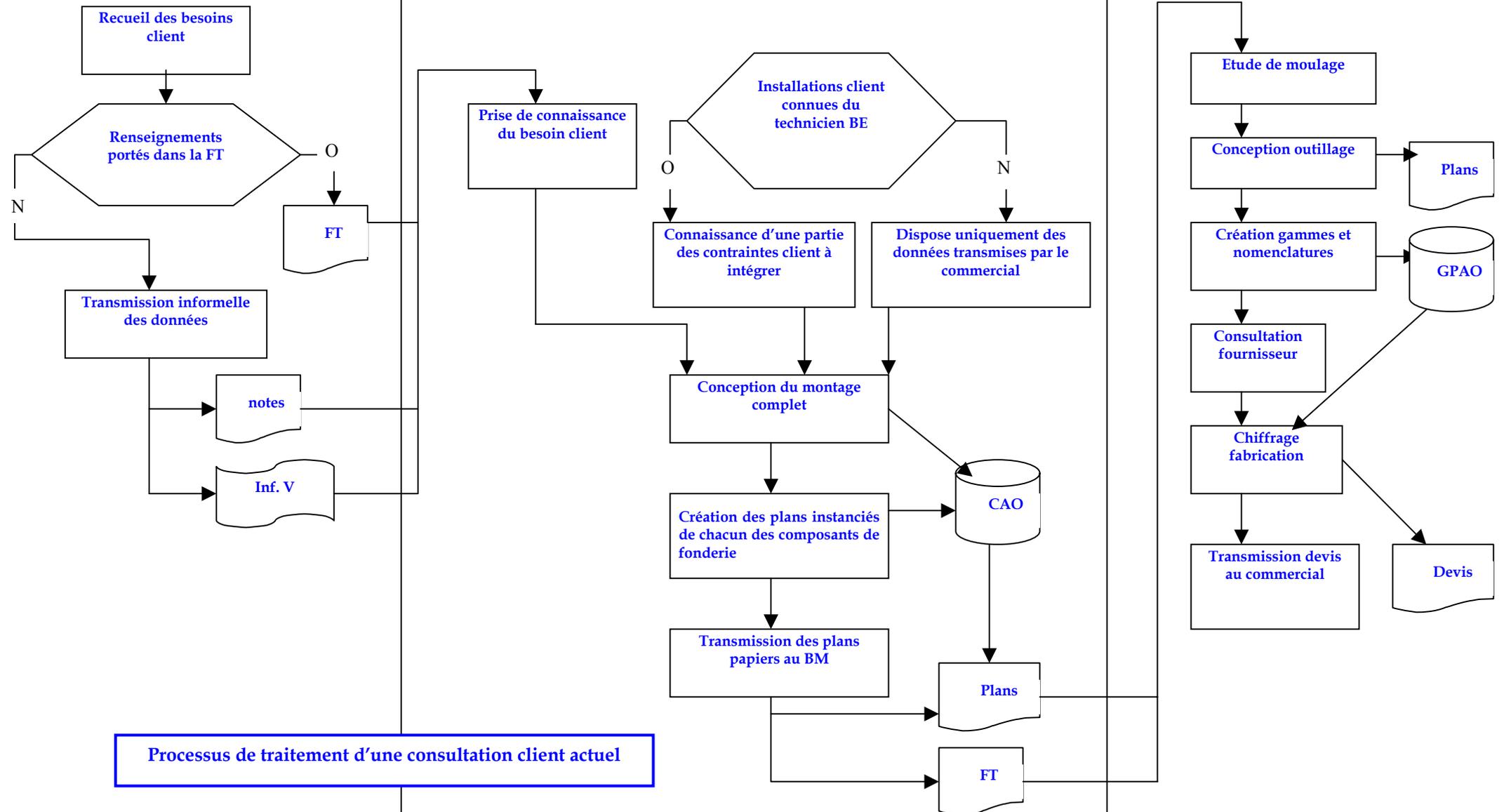
	Atelier de contrôle	Contrôleur Technicien BE Technicien BM	Prise de décision sur l'acceptation ou le refus des pièces types pour leur lancement en fabrication.	Cette opération devrait être effectuée en présence de ces trois représentants. Le BE étant la fonction qui possède des informations sur les spécif. Client non formalisées. Les méthodes devant contrôler l'efficacité du procédé et éventuellement y apporter des correctifs. Cependant, devant la difficulté à réunir tous le monde et en raison de la nécessité d'aller vite pour « débloquer » la fabrication, il est fréquent que les PT soient jugées en l'absence du représentant du BE.
Lancement en série de la fabrication	Bureau des méthodes	Technicien BM	Si les pièces types ont été acceptées (sans besoin d'une validation par le client), l'outillage est débloqué dans le système informatique pour permettre le lancement en fabrication. Auparavant des modifications sont apportées sur cet outillage si besoin est.	En raison du manque de temps les modifications introduites sur l'outillage et qu se répercutent sur la gamme et les nomenclatures ne sont pas toujours remises à jour dans la base de données.

Annexe 7.4 : Flow Charts des processus fonctionnels composant le processus transversal de réalisation des pièces types

COMMERCIAL

BUREAU D'ETUDES

METHODES



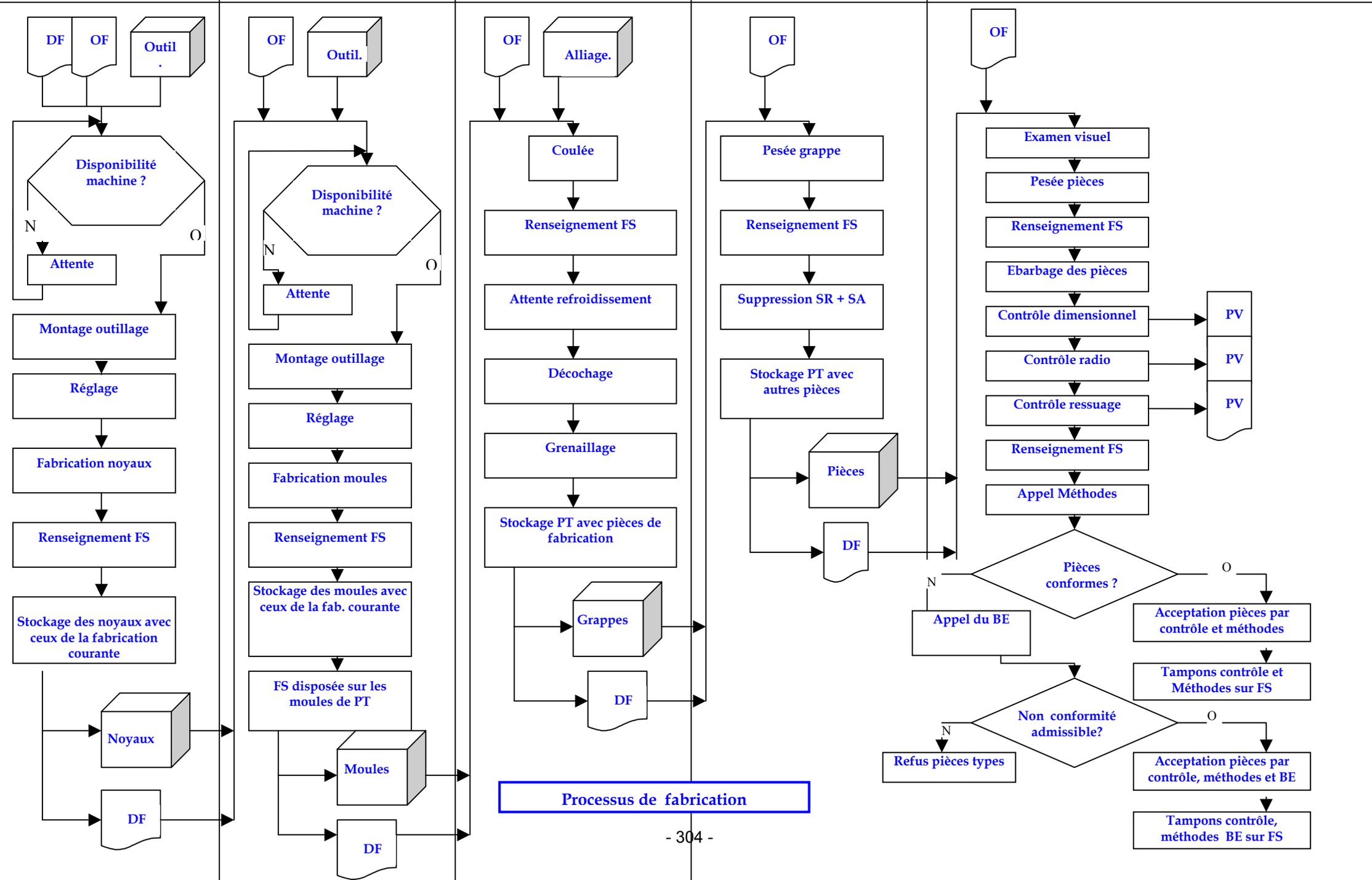
NOYAUTAGE

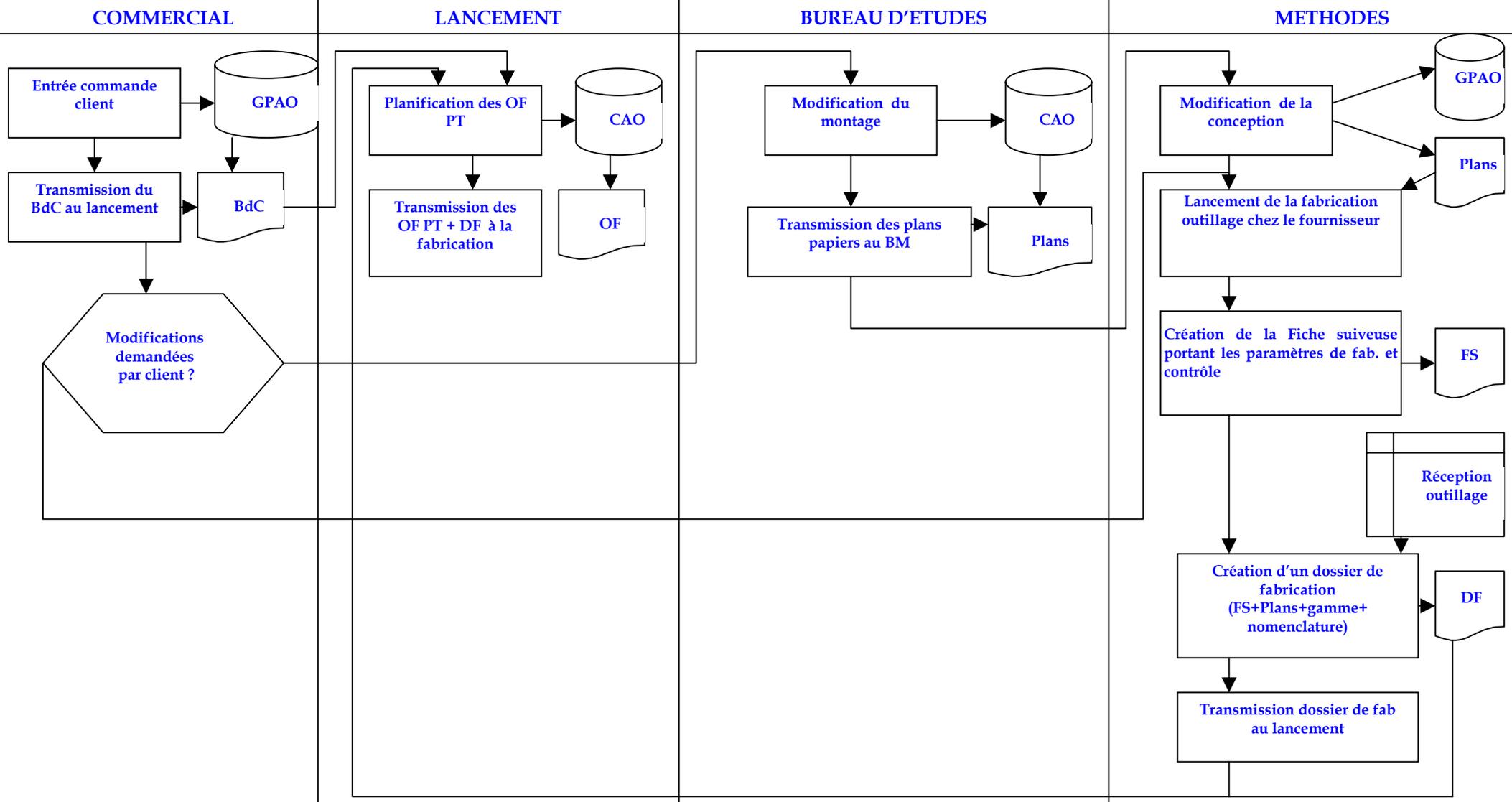
MOULAGE

COULEE - DECOCHAGE

EBARBAGE

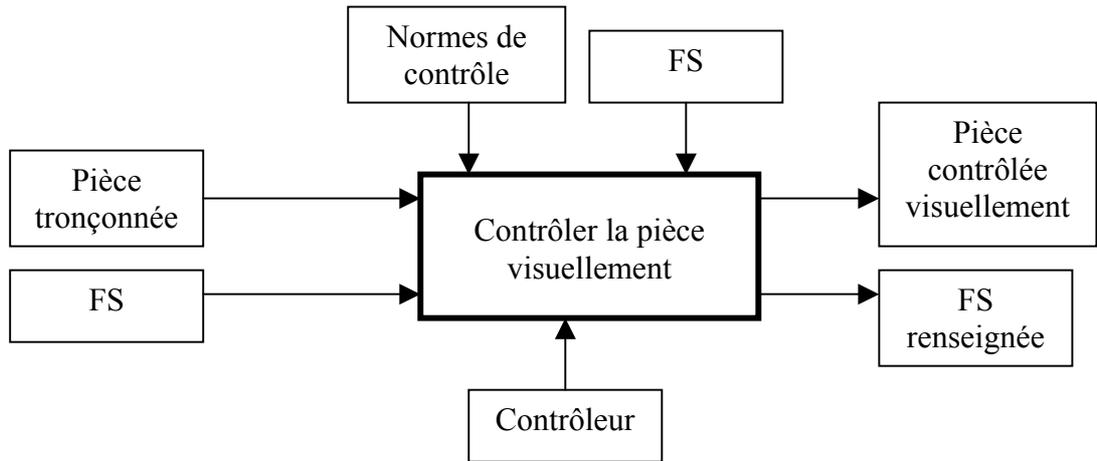
CONTROLE



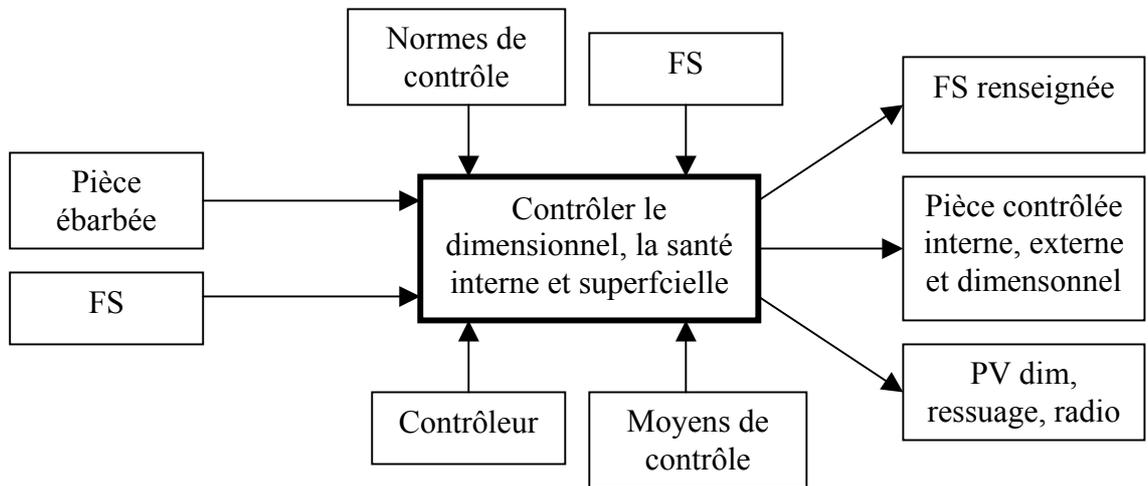


Processus de traitement commande client actuel

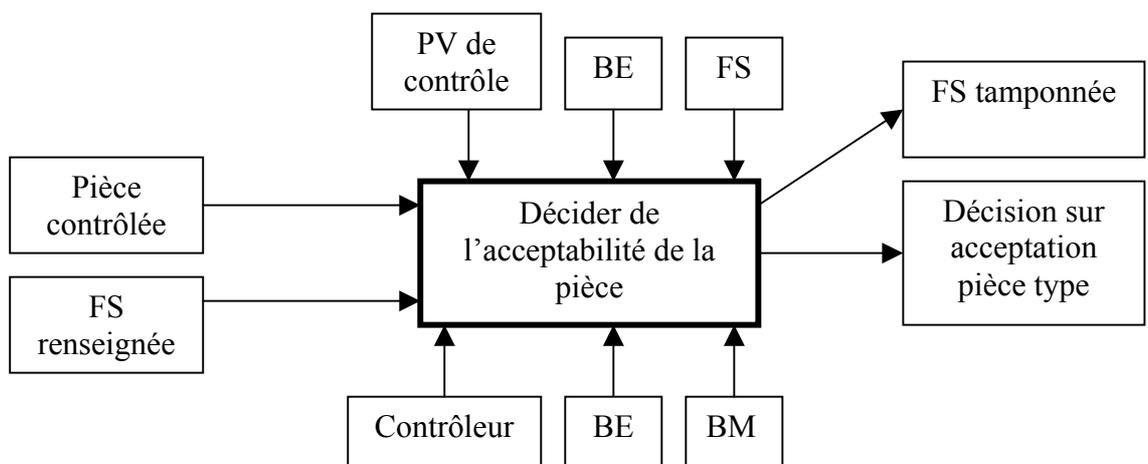
Annexe 7.5 : SADT du processus de contrôle



Etape 1



Etape 2



Etape 3

Annexe 7.6 : Regroupement des concepts de solutions obtenus

Légende :

En bleu et italique : voies de solutions issues de la purge effectuée en début de séance de créativité.

En noir : voies de solutions issues de la séance avec les principes de la matrice

En rouge et gras : voies de solutions issues de l'utilisation de IWB et non identifiées auparavant.

➤ **Fiabiliser la présence du Bureau d'Etudes et du Bureau des méthodes à la réunion**

[1] Coupons associés à la Fiche Suiveuse (FS) et renvoyés aux BE et BM après chaque étape de fabrication. (Tenue d'un tableau de bord commun).

[2] Pour les PT qu'il juge particulières le BE signale sur la fiche suivreuse qu'il doit être appelé.

[3] Singulariser le traitement des PT particulières (créneaux horaires, lieux de stockage appropriés...)

[4] Transférer le lieu de décision (et les pièces ?) aux BM et BE.

[5] Utiliser des réunions regroupant déjà les BE/M et contrôle pour traiter le cas des pièces types.

[6] Charger une personne (BE, BM ou contrôle) de dresser un inventaire des PT journalières reçues au contrôle et de diffuser l'information aux BE et BM.

[7] Mixer les fonctions BE et BM : dossier suivi par une seule personne.

[8] Utiliser un système code barres de suivi en fabrication.

[9] Créer des équipes (BE/BM/C) affiliées à des familles de produits.

[10] Prévoir des réunions à dates fixes.

[11] Bloquer les procédures pour que la fabrication ne puisse pas avoir lieu sans l'accord des trois fonctions.

[12] Rendre le lancement tributaire de l'autorisation BE.

[13] Scinder les retours d'informations de la FS pour les BE, BM, C.

[14] Créer une liaison phonique directe entre le contrôle et les BE/BM.

[15] Créer des indicateurs (lumineux, sonores, informatiques) destinés au BE d'entrée et sortie d'une pièce type au contrôle.

[16] Implanter une caméra au contrôle.

➤ Eliminer le besoin de BE et BM au contrôle.

[17] Coter les critères pour le contrôle au moyen de normes (BM) et suivant les spécifications client (BE).

[18] Transférer au BE seul la décision d'acceptation des PT.

[19] Classer les pièces par familles de produits aux caractéristiques standards connues du contrôle.

[20] Transmettre au contrôle le plan complet de l'installation (BE) et le niveau d'acceptation des défauts de fonderie suivant normes (BE et BM sur FS).

[21] Séparer la mise en commun des connaissances de la prise de décision. Utiliser des réunions régulières entre le BE et le contrôle pour transmettre des informations sur les PT à venir.

[22] Transmettre au BE une copie de tous les PV de contrôle des PT.

[23] Fournir au contrôle un outillage de contrôle des PT.

[24] Indiquer sur la FS par un sur lignage les côtes à respecter impérativement.

[25] Adjoindre une feuille de critères qualifiant l'utilisation de la pièce à la FS (pièce gerbable, four incliné...)

[26] Accès au fichier de plan d'ensemble.

[27] Rapprocher physiquement le service contrôle des BE/BM.

[28] Si le non-respect de critères est dû au procédé : appel BM. Si il est dû au dimensionnel : appel BE.

➤ **Permettre aux méthodes de réunir toutes les informations dont elles ont besoin**

[29] Traitement simultané de plusieurs PT en même temps.

[30] Amener l'information directement aux méthodes. Transmission de PV/ secteurs de fabrication/1/2 journées.

[31] Relevés des paramètres de fabrication sur coupons FS qui seraient renvoyés après chaque étape de fabrication.

[32] Création de zones spécifiques aux PT dans chaque secteur de l'atelier.

[33] Création d'une fonction spécifique de suivi des PT dans le processus de fabrication.

[34] Reconsidérer les rubriques de la FS : y trouve-t-on réellement les informations dont le BM à besoin.

[35] Prévoir un blocage formel de la fabrication des pièces types par l'ordonnancement.

[36] Valoriser le traitement des PT dans l'atelier par l'utilisation d'indicateurs favorables.

Ex : ratios (PT/mois)/ équipe.

[37] Utiliser des alliages uniques représentatifs par familles de produits.

[38] Désigner un responsable du renseignement des FS, différent des personnes qui effectuent les opérations.

[39] Déclencher un signal d'alarme lors de l'avancement de la FS si la rubrique précédente n'a pas été remplie.

[40] Contrôle automatique des paramètres de fonderie. Ex : mesure des températures dans le moule, des temps de remplissage.

[41] Remplacer l'appel téléphonique par un bip.

[42] Désigner des responsables des PT dans chaque secteur de la fabrication.

Annexe 7.8 : Caractérisation des natures de solutions proposées

Groupe 1 de solutions	Groupe 2 de solutions	Groupe 3 de solutions
--------------------------	--------------------------	--------------------------

Typologie des Systèmes concernés par les solutions			1	3	6	7	8	11	15	1	3	4	5	6	7	8	9	4	8	10	11	12	13	14			
Système d'information	Création ou changement de support de flux	Court terme																									
		Moyen terme																									
	Création ou changement des bases de données	Court terme																									
		Moyen terme																									
Opérations	Création ou modification des ressources matérielles	Court terme																									
		Moyen terme																									
	Création ou modification des opérations réalisées	Court terme																									
		Moyen terme																									
Compétences	Accroissement des compétences	Court terme																									
		Moyen terme																									
	Définition et formalisation des rôles et fonctions des acteurs	Court terme																									
		Moyen terme																									
Stratégie	Favoriser l'adhésion aux objectifs réels de l'entreprise	Court terme																									
		Moyen terme																									

Annexe 7.9 : Propositions présentées à la direction

Propositions de modifications	Horizon		Implique des modifications				
	Court Terme	Moyen Terme	Du système d'information	Des ressources matérielles	Du système de contrôle	Des compétences	Des Procédures
Implantation d'un suivi code barres des PT en atelier		•	•	•	•		•
Transférer par informatique directement au contrôle les plans des sous-ensembles, ensembles et critères de contrôle.		•	•	•		•	
Informatiser le relevé des données de fabrication surtout à la coulée.		•	•	•	•		
Transmission informatique par le contrôle des PV des PT aux BE et BM dès réalisation.		•	•	•	•		
Instaurer des réunions journalières entre les 3 fonctions.	•				•		•
Charger une personne (BE, BM, contrôle) de dresser un inventaire des PT journalières reçues au contrôle et de diffuser l'information.	•		•		•	•	•
Mixer les fonctions BE et BM : dossier suivi par une seule personne.		•				•	
Utiliser l'intranet pour déclencher une information d'entrée des PT en contrôle au près des BE et BM	•		•	•			
Groupe projet : familles de produits.		•	•		•	•	

Groupe projet : Créer des standards de défauts.	•		•		•	•	
Groupe projet : familles de produits /standards défauts		•					•
Répartir le personnel BE/BM sur des familles de produits, formation. (sera appliqué sur 1 partie)		•			•	•	
Un seul chargé d'affaire produit/process.		•					•
Création de zones spécifiques de stockage des PT en préparation outillage et parachèvement	•		•	•			
Utilisation de codes couleur sur les pièces types en fabrication (en particulier sur le moule, lors de la coulée)	•			•	•		
Création de poste pour contrôler la fabrication de toutes les pièces types .	•				•	•	
Imposer la fabrication des PT durant le temps de travail des BE /BM et non la nuit.		•			•		•
Revoir la cohérence des rubriques de la fiche suivieuse, groupe projet.	•		•				
Valoriser la réalisation des PT en fabrication en créant des indicateurs basés sur la durée d'encours et de pièces bonnes.(intégrer en partie)	•		•		•		•
Mobiliser les responsables d'ateliers sur l'importance des renseignements de la FS.		•				•	•

Interdire l'acceptation des PT et de la fiche suiveuse si elle n'a pas été remplie auparavant		•				•	•
Désigner des responsables PT par secteur de fabrication, cercle de qualité, .	•					•	•
Redéfinir la cotation plans pour contrôle, groupe projet, formation.		•				•	•
Mobiliser les commerciaux sur le besoin de spécifications clients, groupe projet.	•					•	•
Rédaction des procédures définissant la mise en œuvre des différentes étapes du processusPT.		•					•